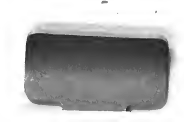



FONDO PIZZOFALCONE


BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio
Palchetto
Num.° d'ordine



DEUX TRAITÉS

DE

PHYSIQUE MÉCANIQUE.

Chez J. J. PASCHOUD, à Genève et à Paris, on trouve aussi :

Conversations sur l'économie politiqne dans lesquelles on expose d'une manière familière les élémens de cette science, par l'auteur des Conversations sur la chimie, trad. de l'angl., 1 vol. in-8. 6 fr.

Disette (de la), par Benjamin Bell, de la Soc. royale d'Edimb., trad. de l'angl. par Pierre Prevost, 2 fr. 50 c.

Élémens de la philosophie de l'esprit humain, par M. Dugald Steward, prof. de phil. morale à l'Univ. d'Edimbourg, trad. de l'angl. par P. Prevost, prof. de physique à Genève, 2 v. in-8, 9 fr.

Essais de philosophie ou étude de l'esprit humain; par Pierre Prevost, corres. de l'Inst. nat. prof. de phys. à l'Acad. de Genève, 2 v. in-8. 7 fr. 50 c.

Essai sur le principe de population, ou Exposé des effets passés et présens de l'action de ce principe sur le bonheur de l'espèce humaine dans les temps anciens et modernes, suivi de l'examen des moyens propres à adoucir les maux dont ce même principe est la cause, et du tableau des espérances que l'on peut concevoir à ce sujet, par T. R. Malthus, prof. d'hist. et d'écon. polit., trad. de l'angl., par Pierre Prevost, 3 v. in-8, 15 fr.

Notice sur la vie et les écrits de George Louis Le Sage de Genève, memb de diverses Acad., de la Société royale de Londres, ci-dev. de celles de Montpellier, corresp. de l'Acad. royale des sciences de Paris; et depuis corresp. de l'Institut nation. de France, rédigée d'après ses notes par P. Prevost, suivie d'un opuscule de Le Sage sur les *Causes finales*, du *Lucrèce Neutonien*, d'extraits de sa correspondance avec divers savans et personnes illustres, telles que le duc de la Rochefoucaud, M.me la duchesse d'Enville, M.me Necker, d'Alembert, Bailly, Clairaut, La Condamine, Stanhope, Euler, Lambert, Ch. Bonnet, Boscowick, et d'un extrait de la correspondance de Bachet de Mésiriac avec Nathan d'Aubigné, trisaïeul de Le Sage, vol. in-8 de 600 pages, 6 fr.

DEUX TRAITÉS

DE

PHYSIQUE MÉCANIQUE,

PUBLIÉS

PAR PIERRE PREVOST,

COMME SIMPLE ÉDITEUR DU PREMIER
ET COMME AUTEUR DU SECOND.

— *Vastum video per inane geri res.*



GENÈVE,
J. J. PASCHOUD, Imprimeur-Libraire.

PARIS,
Même maison de commerce, rue Mazarine, n.° 22.

1818.



PRÉFACE.

I. Les principes de la mécanique, et l'astronomie physique qui en dépend, forment de nos jours l'objet d'une étude vaste et difficile. Cette étude, approfondie par des esprits supérieurs, a donné pour produit une science, caractérisée par un haut degré de certitude et par l'importance de ses résultats. Les progrès de l'intelligence humaine, dans cette partie de nos connoissances, présentent un tableau d'autant plus intéressant, que, dans les temps modernes, les traits n'en sont point effacés. On peut suivre la trace de toutes les découvertes, apprécier les efforts des hommes laborieux, observer les élans du génie, et mesurer le temps employé à franchir d'immenses espaces. Depuis l'époque où Copernic osa donner

à la terre un double mouvement (1), jusqu'à celle où l'on acquit la connoissance des lois qui gouvernent la marche de la terre et des planètes (2), il s'écoula moins d'un siècle ; moins d'un siècle et demi, en remontant toujours à la même époque, se trouva suffire pour rapporter ces lois à un seul principe; moins de deux et demi, pour estimer les attractions les plus compliquées, et faire voir comment certaines inégalités, se balançant en quelque sorte dans de longs espaces de temps, laissent subsister, sans écart sensible, les mouvemens du système solaire avec une constante régularité (3).

Cependant les tourbillons ont eu longtemps crédit. Ils conservèrent beaucoup d'adhérens, plus d'un demi-siècle après la détermination exacte des lois du mouvement (4), et presque un demi-siècle

(1) 1543.
(2) 1610.
(3) 1784.
(4) 1668.

après la publication des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* (1). Mais enfin les lumières éclatant de toutes parts, dissipèrent ces nuages, qui obscurcissoient la science; et dès-lors le mouvement des esprits, rapidement progressif, n'a plus trouvé d'obstacles dans cette utile et brillante carrière, si ce n'est ceux qu'opposent à toutes les entreprises de l'homme les bornes de ses facultés.

Tandis que ces sciences fondamentales avançoient d'un pas ferme et mesuré, toutes les autres parties de l'étude de la nature étoient suivies avec une noble ardeur. Entre tant d'objets divers dont cette étude se compose, je n'appellerai ici l'attention que sur les progrès, vraiment étonnans, de l'optique. On sait assez ce qu'elle doit à Newton. Les découvertes les plus récentes sont devenues un espèce d'hommage à sa mémoire. Mais le vaste champ qu'elles ont ouvert

(1) 1686.

a dépassé de beaucoup les bornes auxquelles son génie avoit atteint.

Qui peut douter, en portant ainsi ses regards dans le passé, que l'avenir ne dévoile à nos yeux bien des vérités nouvelles ? L'espérance d'une récompense aussi glorieuse n'a point cessé d'animer les hommes dignes de l'obtenir. De mûres réflexions sur la marche à tenir pour arriver à ce but donnent aux physiciens de nos jours beaucoup d'avantage. Ils savent comment travailloient ceux qui ont répandu sur l'étude de la nature de vives lumières, et ils connoissent d'autre part les écueils à éviter. L'expérience et le calcul, se servant mutuellement d'appui, ouvrent une inépuisable source de vérités dans les sciences naturelles ; tandis que les vaines hypothèses ne conduisent qu'à l'erreur. Tel est au temps actuel, le dégoût que ces hypothèses inspirent, qu'une juste défaveur attend tout ouvrage qui ne s'annonce, ni comme étendant nos connoissances sur la nature par la voie de l'ex-

périence; ni comme offrant de nouvelles méthodes de calcul, ou des applications savantes et ingénieuses de celles dont les mathématiciens sont en possession.

II. Quoiqu'en général cette manière de penser soit fondée sur des raisons qui ont du poids, elle doit cependant céder en quelques cas à des considérations d'une autre nature. Toute ferme qu'est la base sur laquelle la science repose, toute étendue qu'est la surface que l'œil humain a su parcourir; il y a place encore pour quelque discussion nouvelle, et on ne doit point cesser de se dire, que l'accès doit rester ouvert aux opinions le moins accréditées; non sans doute pour les accueillir avec un empressement capricieux, mais pour les soumettre à un examen patient et réfléchi.

Dans le nombre des hommes qu'enflamme le désir de scruter la nature, il peut, il doit, s'en trouver qui, par une suite de circonstances, autant que par goût et par instinct, soient plus portés à la méditation qu'à l'observation, et qui,

en y pensant long-temps et avec une attention soutenue, arrivent à certaines combinaisons d'idées qui ne seront pas inutiles, quoiqu'elles s'écartent beaucoup des combinaisons ordinaires. Sans doute il ne faut pas souhaiter que le nombre de ces hommes, purement méditatifs, s'accroisse aux dépens de l'étude des faits; la marche de la science en seroit retardée. Ce sont les observations, les expériences, qui manquent, et qui manqueront encore après qu'on les aura de plus en plus répétées. C'est l'art du calculateur, qui peut faire de ces observations l'emploi le plus assuré; et cet art ne sera jamais assez cultivé. Mais enfin, dans cette vaste république des sciences, il y a place pour tous les esprits capables d'un solide raisonnement; et l'on ne doit point refuser le droit de cité, ou tout au moins l'hospitalité, à celui qui vient offrir son humble tribut.

III. Parmi les questions abandonnées des savans de nos jours, il n'en est point, je crois, qui excitent moins leur intérêt,

que celle de la cause de l'attraction. — « A quoi bon, disent tous ceux à qui l'on en parle, à quoi bon s'occuper de la cause d'un tel phénomène? La loi de l'attraction se vérifie dans les cieux avec une admirable précision. Pour tous les besoins de l'astronome; pour toutes les applications utiles, à la navigation, au calendrier, aux éclipses, à la chronologie, à la géographie; pour expliquer les mouvemens, même les plus compliqués, des planètes primaires et secondaires; pour déterminer l'influence que leur rotation a pu avoir sur leur figure; pour calculer les marées, pour fixer la mesure du temps par le pendule; en un mot, pour tout ce que la science et les arts peuvent atteindre en ce genre, l'attraction suffit à nos vœux. Que gagnerions-nous à en connoître la cause?» — « Nous avons d'ailleurs, ajoutent-ils, une longue et fastidieuse expérience des vains efforts tentés jusqu'à ce jour; et comme nous sommes las de tant d'absurdes systèmes, nous croyons, si l'on en publie d'autres,

pouvoir nous dispenser d'en faire une étude. »

Il faut convenir que les systèmes, imaginés pour expliquer la pesanteur, n'ont offert en général que des tentatives infructueuses. Les uns, proposés trop légèrement par des savans d'un grand nom, loin d'ajouter à leur gloire, ont paru presque la ternir. Les autres, le plus souvent, déceloient dans leurs auteurs l'ignorance des faits dont ils cherchoient la cause, ou tout au moins une connoissance fort imparfaite des phénomènes et des lois, qu'ils employoient avec confiance pour construire leurs téméraires hypothèses.

Mais les erreurs de ceux qui ont précédé n'autorisent pas un arrêt définitif de condamnation contre ceux qui suivent. L'équité veut que chacun soit jugé d'après ses propres œuvres, et non d'après celles d'autrui. Un préjugé légitime s'élève contre une telle entreprise; mais ce préjugé ne doit pas exclure l'examen.

Quant à l'inutilité de la recherche dont



il s'agit, j'ai deux réponses à faire. Premièrement : je suppose qu'en effet la connoissance de la cause de ce grand phénomène, l'*attraction*, ne serve jamais dans aucune matière d'application; que la science même n'en fasse jamais aucun emploi; que ce soit, si l'on veut, une vérité isolée dans la physique. En ce cas encore, je pense que la connoissance de ce fait ne sauroit être tout-à-fait indifférente à l'intelligence humaine : car cette intelligence est avide de connoître; la vérité est sa pâture; et je ne sais s'il est aucun homme qui refusât de pénétrer ce mystère, s'il étoit une fois convaincu, qu'en le pénétrant, il acquerroit une connoissance plus pleine de la nature. Secondement : j'accorde, comme tout-à-fait probable, que, vu les bornes de nos facultés, la connoissance de la cause de l'attraction n'ajoutera rien aux explications correctes des phénomènes que nous fournit la loi, dans tout ce qui a rapport aux mouvemens des corps célestes et dans le plus grande partie des faits

dont s'occupe la physique terrestre. Ce qui est très-probable n'est pas toutefois certain ; et il pourroit arriver tel cas imprévu, où le recours à la cause ne seroit pas sans avantage. Mais de plus, j'ai l'espérance, que cette connoissance acquise jettera quelque jour sur certaines parties de la physique, qui au premier coup-d'œil paroissent assez éloignées de cette recherche. Les détails dans lesquels je vais entrer feront connoître sur quoi se fonde cette espérance et quel est l'objet particulier vers lequel elle se dirige.

IV. A la suite de ces réflexions générales je dois parler, d'une manière plus déterminée du sujet de cet ouvrage.

Il est composé de *deux traités* distincts. Le premier appartient à feu G. L. Le Sage de Genève, et j'en suis simplement l'éditeur. Je n'en réponds qu'en cette qualité. J'ai mis du soin à rendre fidèlement la pensée de l'auteur, en employant textuellement ses notes aussi souvent que j'ai pu le faire, et en rangeant les matières dans l'ordre que j'ai

lieu de croire qu'il auroit lui-même préféré.

Le second traité est de moi, et comme il suppose la connoissance des principes exposés dans le premier, il a dû le suivre et paroître en quelque sorte sous ses auspices. C'est ce second traité qui vient à l'appui de la réflexion par laquelle je terminois l'article précédent. Car il est destiné à faire voir, que, de la cause de l'attraction indiquée par G. L. Le Sage, il est probable que l'on pourra déduire l'explication de certains phénomènes, dépendant les uns des propriétés mécaniques des gaz, les autres de la nature de la lumière.

Mon dessein est de donner ici une esquisse de ce système et de ces applications; esquisse nécessairement imparfaite et insuffisante; mais toutefois utile, comme introduction à l'exposé plus étendu et plus exact que l'on trouvera dans l'ouvrage.

Concevez l'espace vide. Des corpuscules d'une petitesse extrême errent dans

cet espace. Chaque corpuscule a sa direction déterminée, et se meut en ligne droite avec une vitesse fort supérieure à celle de la lumière. Les directions de ces corpuscules sont si variées, ces corpuscules sont si petits, et leur vitesse est si grande, que, bien qu'ils se suivent à d'immenses distances; bien que l'espace soit presque vide; néanmoins les corpuscules abondent partout : c'est-à-dire, que, dans un instant très-court, ils traversent, en toutes directions, un point quelconque de l'espace, quoique ce point (qu'il faut concevoir comme un point physique) soit d'une petitesse extrême: en sorte, qu'en un instant quelconque, sur lequel de ces points que notre attention se fixe, nous pouvons affirmer, qu'il est le centre d'une innombrable quantité de corpuscules, tant convergens que divergens: c'est-à-dire, qu'il arrive à ce point là, en cet instant, une multitude de corpuscules de tous les points de l'espace; et que de même une multitude de cor-

puscules en partent selon toute espèce de direction.

Cette constitution du fluide gravifique étant conçue ; que l'on plonge dans ce fluide un corps solide, terminé par des angles saillans, ou par des surfaces convexes (tel qu'une sphère, par exemple), et beaucoup plus gros qu'un corpuscule. Ce corps demeurera immobile, ou du moins ne sera en proie à aucun mouvement constant. Il sera baloté peut-être par l'inégalité des courans, et exécutera des oscillations irrégulières.

Plongez un second corps dans ce même fluide, à quelque distance du premier. Ces deux corps s'approcheront l'un de l'autre. Car l'un sert à l'autre de bouclier ; et les courans, qui n'ont plus d'antagonistes, produisent un mouvement constant. En y réfléchissant, on verra que ce mouvement sera uniformément accéléré et que la force qui le produit sera proportionnelle à l'inverse du carré de la distance, loi dès long-

qui doit être envisagé comme un ouvrage posthume de G. L. Le Sage. L'éditeur ne l'a pas trouvé en état de rédaction achevée ; mais il n'a eu qu'à en rassembler les matériaux et à les mettre en ordre.

Le 2.[d] Traité, tout fondé sur le premier, en est néanmoins tout-à-fait séparé. G. L. Le Sage n'en est point responsable. Il a posé les principes ; un autre a tiré les conséquences.

Ces conséquences se rapportent à deux objets distincts ; les gaz et la lumière.

Quoique Le Sage eût déjà manié le premier sujet, j'ai cru devoir le remanier après lui ; et j'en expose les raisons dans le Livre même où je m'en occupe. On y trouvera déduits, de la simple hypothèse du mouvement des particules, la loi de densité des couches d'une atmosphère pesante ; l'ascension des gaz échauffés ; certains phénomènes qu'offre le mélange des gaz ; un aperçu de la formation des ondes sonores. Un supplément est destiné à la discussion d'une objection, tirée

de la loi que suit la résistance de l'air relativement à la vitesse d'un corps qui s'y meut.

Le sujet du second Livre de ce second Traité est une application tout-à-fait nouvelle des principes posés par Le Sage. Ce philosophe avoit bien vu que le mouvement de la lumière devoit être produit par la pression des corpuscules sur la concavité des élémens dont la lumière se compose. Il n'avoit pas méconnu non plus, en considérant d'autres fluides, la nécessité de quelques rotations. Mais occupé de son système sous un point de vue général, il n'avoit pas voulu suivre en détail l'application de ce système à l'optique. Il n'avoit pas non plus examiné d'une manière régulière les rotations qui devoient résulter de l'action des corpuscules sur les particules douées de concavité. Il avoit très-bien vu que de telles rotations devoient naître ; il en avoit même entrevu quelques applications ingénieuses; mais il s'étoit en quelque sorte refusé à discuter à ce sujet.

J'ai cru pouvoir m'occuper de l'objet d'application que cet ingénieux et savant physicien n'avoit pas eu le temps de traiter. Et pour étudier la lumière sous ce point vue, je me suis vu jeté dans une recherche de physique mécanique très-délicate. Il s'agissoit de déterminer la nature et les rapports du double mouvement, de translation et de rotation, engendré dans une particule douée de concavité; puis, d'en faire l'application aux phénomènes de l'optique.

Une des premières conséquences que j'ai rencontrées, et qui occupe le plus de place dans le Livre où je traite de ce sujet d'application, est celle-ci: Lorsqu'une particule douée de concavité est, comme on dit, attirée par un plan, il naît à l'instant une cause de répulsion (1). Il y a 30 ans que je publiai, sous les yeux et avec l'assentiment de LE SAGE, cette remarque, dont alors je ne tirai pas tout ce qu'elle pouvoit fournir. Je l'ai employée (en la combinant avec la ro-

(1) 2.^{d} Traité, L. II, §. 10, pag. 253.

tation des molécules lumineuses) à rendre raison de la réflexion de la lumière. La molécule lumineuse se meut avec une vitesse terminale très-rapide et en exécutant des rotations bien plus rapides encore. Elle présente dans sa marche, l'aspect d'une roue ou d'un disque, qui a sa ligne de translation pour un de ses diamètres. Si ce disque vient à rencontrer un plan attractif; le disque se change en cône; et la répulsion se manifeste (1).

En cet état la molécule est soumise à l'action de deux causes, dont l'une tend à amener son premier plan de rotation à la situation parallèle au plan attractif; et l'autre à la situation perpendiculaire. La prépondérance de l'une ou de l'autre de ces causes dépend de certaines circonstances, dont la plus influante est l'inclinaison du disque sur le plan. Si le

(1) §. 27. — Jusqu'ici la marche de ces applications ne me semble pas exposée au reproche de témérité. Il n'en est peut-être pas de même d'une partie des applications suivantes. Voyez l'*Avertissement* mis en tête de ce 2.[d] Livre.

disque est amené à la situation parallèle, il y a réflexion; s'il est amené à la situation perpendiculaire, il y a réfraction. Dans l'un et l'autre cas, les lois de ces phénomènes sont l'effet de ce simple mécanisme (1). Il est à remarquer que dans l'acte de la réflexion, il étoit indispensable que le disque, après s'être retourné, se trouvât placé sur la nouvelle ligne de translation comme il l'étoit sur sur la première, c'est-à-dire, qu'il eût un de ses diamètres dans la direction du rayon réfléchi. Or, c'est aussi une conséquence nécessaire du mouvement qu'il a dû prendre (2). Cette conséquence, que je n'avois point eue en vue dans l'origine, est devenue pour moi une espèce de preuve, ou de probabilité satisfaisante, de l'explication dont elle se déduit.

Indépendamment des phénomènes de la lumière directe, réfléchie et réfractée, j'ai soumis à l'examen ceux de la

(1) *Ibid.* §§. 62, 70; pag. 299, 307.

(2) *Ibid.* §§. 64, 65; pag. 300.

double réfraction et de la polarisation. Sans entrer ici dans un détail, que je craindrois de ne pouvoir rendre clair qu'en répétant ce que j'en ai dit à sa place; je me contenterai d'observer, que les molécules de la lumière, constituées comme je suppose qu'elles doivent l'être, ont nécessairement deux poles, dont l'un est disposé à l'attraction et l'autre à la répulsion. Cette constitution semble propre à satisfaire à plusieurs phénomènes, et en particulier à celui des accès de facile réflexion et de facile transmission (1).

Tel est l'objet du 2.[d] Traité, qui, comme on voit, consiste entièrement en deux applications de la physique corpusculaire de G. L. Le Sage. Je présente ces applications avec un juste sentiment de défiance, mais animé par le désir, peut-être par l'espérance, d'attirer l'attention des physiciens sur un système, qui ouvre de nouvelles vues relativement

(1) *Ibid.* §. 114 et suiv., pag. 338.

à une classe de phénomènes dont ils sont habituellement occupés.

V. Bien qu'au titre de cet ouvrage, et dans l'exposition du sujet des *deux Traités* dont il se compose, je me sois présenté comme éditeur du premier et comme auteur du second; je dois dire, que, sous ces deux rapports, j'ai reçu d'utiles secours.

Comme éditeur du 1.er Traité, j'ai été aidé par mon savant collègue, M.r le professeur LHUILIER, parent et élève de LE SAGE; et par M.r DE VÉGOBRE, l'un de ses plus ingénieux disciples.

Comme auteur du 2.d Traité, je dois encore à M.r DE VÉGOBRE quelques remarques dont j'ai profité; entr'autres une modification dans la forme d'une démonstration, au 1.er Livre de ce 2.d Traité. J'ai aussi fait usage des lumières de deux savans, que je désigne dans le cours de l'ouvrage, et que je me fais un devoir de nommer ici. L'un est M.r BIOT, qui s'est prêté de la manière la plus obligeante, à résoudre un problème de mé-

canique lié à l'objet de mes recherches. L'autre est M.[r] le professeur SCHAUB, dont le grand savoir en mathématiques m'a été d'autant plus utile, que je pouvois y recourir, pour ainsi dire, à chaque instant, et que je l'ai toujours trouvé prêt à s'occuper de mes questions avec une bienveillante tenacité. Celle que j'avois adressée à M.[r] BIOT, je l'avois aussi proposée à M.[r] SCHAUB. Les réponses de ces deux savans, comme on pouvoit s'y attendre, ne différoient que dans la forme. Les autres questions que j'ai soumises à M.[r] SCHAUB ont été le plus souvent de nature à ne pas fournir des solutions applicables; mais elles m'ont aidé à circonscrire mes recherches, ce que j'estime un grand avantage. C'est dans le 5.[e] chapitre du Livre II du 2.[d] Traité, que j'ai fait emploi des lumières de ces deux savans; et j'ai eu soin d'y indiquer ce qui leur appartient. J'éprouve un vrai plaisir à reconnoître ici les services des amis que je viens de nommer; et

je me flatte qu'ils voudront bien agréer l'hommage de ma reconnoissance.

VI. Après avoir parlé en mon nom de la part que j'ai à cet ouvrage, il faut à titre d'éditeur parler au nom de G. L. LE SAGE ; et, sans pousser le scrupule au même point que lui (1), nommer au moins les deux auteurs qui, parmi ceux qui l'ont précédé, ont été le plus près d'atteindre à ses hautes conceptions ; car ce philosophe, non moins ami de la justice que de la vérité, n'a négligé aucun moyen à sa portée de découvrir et de publier les inventions d'autrui dans le genre qui lui étoit propre. Il s'agit de la cause de la pesanteur, et, par extension naturelle, de la cause de l'attraction. J'ai déjà dit que le nombre des tentatives malheureuses étoit fort grand en ce genre ; et je ne sais si aucune avoit échappé aux recherches actives de LE SAGE. Dans le

(1) Il avoit résolu de faire précéder la publication de son système de celle d'une histoire de toutes les tentatives faites dans le même but.

nombre de ces tentatives, il s'en trouve deux, qui ont avec le système des corpuscules ultramondains une grande analogie. Ceux de nos lecteurs qui voudront s'assurer de l'originalité de LE SAGE, dans ses conceptions sur ce sujet, sont priés de jeter les yeux sur les pages, que j'indique en note, d'un écrit destiné en partie à annoncer celui-ci (1). Il ne seroit pas difficile de donner à ces preuves plus de développement; mais ce seroit un travail inutile s'il ne s'élève point de doutes, et je crois avoir dit ce qui suffit à les prévenir. Il sera plus intéressant de rappeler en peu de mots les deux précurseurs dont je parle. L'un est NICOLAS FATIO; et l'autre, F. A. REDEKER.

NICOLAS FATIO, de Duillier, ami de NEWTON, inventa un système sur la cause de la pesanteur, parfaitement semblable à celui de LE SAGE, hormis en

---

(1) *Notice de la vie et des écrits de G. L. LE SAGE, de Genève* (*à Genève, chez Paschoud*, 1805), *pag.* 96, 164, 315.

deux points (1); l'un de moindre importance est relatif à l'origine des corpuscules, que Fatio ne faisoit pas ultramondains; l'autre, tout-à-fait essentiel, tient à la nature des corpuscules, que Fatio supposoit élastiques, tandis que Le Sage les suppose durs. Cette différence a des conséquences telles, que l'un des systèmes explique et que l'autre n'explique pas. Si les élémens et les corpuscules gravifiques sont doués d'une élasticité parfaite, comme le vouloit Nicolas Fatio, leur retour empêchera la chute; ils agiront après le choc, avec une force égale à celle du choc direct; chaque courant de corpuscules aura un courant antagoniste, qui contre-balancera exactement son effet; il ne naîtra aucun mouvement d'approche mutuelle dans les corps qui interceptent ces courans. On trouve dans le Tom. 3. des Œuvres de Leibnitz,

(1) Je parle des principes et non des conséquences, telles, par exemple, que la grande et curieuse conséquence, tirée par Le Sage, sur l'effet d'un *creux* à la surface d'une particule, etc.

une lettre de FATIO, du 30 mars 1694, qui roule en partie sur cette cause de la pesanteur, qu'il avoit imaginée en 1689 ou 1690. Cette lettre fut communiquée aux éditeurs de ces Œuvres, par LE SAGE. FATIO avoit exposé son système dans un poème en vers latins, qui n'a jamais été imprimé. LE SAGE avoit acquis les débris de ses manuscrits relatifs à la physique; et les a légués à la Bibliothèque publique de Genève, qui en conserve le dépôt.

F. A. REDEKER, médecin allemand, publia en 1736, une dissertation latine sur la cause de la pesanteur (1), où l'on trouve l'exposé d'un système fort semblable à celui de LE SAGE dans ses traits principaux, mais dépourvu de cette analyse exacte des phénomènes qui fait le principal mérite de toute espèce de théorie. L'auteur, qui n'avoit pas, à ce qu'il paroît, une connoissance assez étendue de son sujet, ne s'étoit pas aperçu qu'il suf-

(1) *Franc. Alb. Redekeri, med. D., de causa gravitatis meditatio, Lemgoviæ, ex officina Meyeriana*, 1736, petit in-8.° de 64 pag.

fisoit d'expliquer un petit nombre de lois, pour rendre raison de tous les phénomènes. Il se perd dans les détails et fait de ses principes quelques applications partielles, souvent très-défectueuses. Il décrit toutefois ses corpuscules gravifiques, comme durs, subtils et rapides. Il rend raison, par ce moyen, de la loi relative aux distances. Mais comme il n'a que des idées très-bornées de la perméabilité des grands corps, il n'explique pas la loi relative aux masses; ou plutôt, on peut dire qu'il ne se fait pas une idée juste de la rigueur de cette loi (1). Ses corpuscules se meuvent librement à travers l'éther, qu'il nomme lumineux. Enfin, se livrant à une recherche ultérieure, il se demande la cause du mouvement des corpuscules; et forge, pour répondre, une hypothèse, dont il ne vaut pas la peine de faire aucune mention. Malgré ces imperfections, on ne peut s'empêcher de

(1) Il l'énonce très-correctement au §. 15 de sa Dissertation; mais à la manière dont il l'explique, on voit qu'il y avoit peu réfléchi. Voyez ses §§. 30 et 31.

reconnoître dans cet opuscule, une conception ingénieuse, qui auroit dû provoquer l'examen des physiciens, dont plusieurs alors s'occupoient de la même recherche. Il existe en effet une dissertation de SEGNER snr ce sujet (1). Mais la science prit un autre cours et les travaux de cette nature perdirent peu-à-peu de leur prix. LE SAGE n'a manqué aucune occasion de faire remarquer le système de REDEKER, ainsi que celui de FATIO. J'ai déjà dit qu'à aucun égard il ne peut être soupçonné de plagiat.

VII. Ceci me ramène au caractère personnel de LE SAGE ; et quoique je n'aie rien à ajouter à ce que j'en ai dit dans la *Notice de sa vie et de ses écrits*, à laquelle j'ai ci-dessus (2) renvoyé le lecteur, il est à propos, je crois, de faire connoître ici en peu de mots l'auteur dont je publie l'ouvrage, afin de prévenir des questions et des doutes qui

(1) *De causa gravitatis Redekeriana.*

(2) Pag. xxjx.

pourroient arrêter ceux qui entreprendront cette lecture.

G. L. Le Sage naquit à Genève, le 13 juin 1724. Il suivit le cours des études publiques; mais fit, avec son père, quelques études particulières. A l'âge de treize ans, la lecture de quelques passages choisis de Lucrèce, relatifs à la physique, excita vivement sa curiosité. Dans le cours de ses études de philosophie, ou à peu près à 17 ans, il essayoit déjà d'expliquer la chute des corps par le choc d'atomes rapides. Un séjour qu'il fit à Paris, quelques années plus tard, lui fit sentir l'importance de l'étude des mathématiques, et il s'y livra avec autant de zèle que de succès. En 1746, il comprit (par un heureux hasard) à quoi se réduisoit l'explication mécanique des phénomènes compliqués de l'astronomie physique. Il vit que ses corpuscules, dont il avoit dès-lors conçu l'idée, expliquoient bien la loi des distances, et il s'écria: *J'ai trouvé!* — Dès-lors aussi il se promit de tout sacrifier au dessein

qu'il forma de développer ce système. De retour dans sa patrie, et constant dans l'exécution de son projet, il employa son temps à l'étude et fit de l'enseignement des mathématiques sa vocation. Vivant avec la plus sage économie, il réussit à se procurer les moyens de suffire à ses besoins; et put y suffire encore à l'âge où ses forces épuisées le forcèrent à renoncer au travail de l'enseignement; mais à cet âge même, il ne cessa point de s'occuper de son système. Il mourut le 9 novembre 1803, âgé de près de 80 ans.

En lisant ce rapide récit de la vie d'un philosophe laborieux, on s'attend peut-être à trouver à la suite l'énumération de ses ouvrages; et remarquant que, depuis sa première enfance jusqu'à son extrême vieillesse, ce savant a vécu constamment occupé de la même recherche, le lecteur s'étonnera peut-être de voir publier posthume le fruit de tant de travaux. Il faut donc dire un mot des singularités de cet homme de génie. L'am-

bition d'amasser des matériaux, une sorte de répugnance et de lenteur à les employer; des occupations, une vaste correspondance; le défaut de santé, les insomnies; quelques circonstances d'éducation, une habitude contractée; une certaine timidité naturelle, un goût extrême de l'exactitude, la crainte de donner prise à quelque objection imprévue; toutes ces causes ont empêché LE SAGE de publier de son vivant des ouvrages, auxquels il travailloit avec une ardeur soutenue. Il a fait imprimer une dissertation sur les affinités, qui partagea un prix à l'académie de Rouen, en 1758; mais il ne la laissa pas mettre en vente, et se contenta de la donner à ceux qu'elle pouvoit intéresser. Il a jeté dans quelques recueils périodiques un très-petit nombre d'opuscules (1). Mais en général ses ouvrages sont restés dans ses porte-feuilles.

Les richesses que ces porte-feuilles

---

(1) On en trouvera les titres dans la *Notice* citée ci-dessus.

renferment y sont éparses, mais ordonnées. Ce sont des cartes ou des feuilles détachées, rangées sous des titres bien déterminés. Mais la grande abondance de ces matériaux les rend fatigans à employer; d'autant plus que l'auteur, par la foiblesse de sa mémoire, les a inutilement multipliés; et qu'à la fin, par un effet de l'âge, il n'a pas maintenu constamment l'ordre qu'il avoit lui-même adopté. Sa méthode pour recueillir étoit excellente, admirable même; mais il auroit dû moins tarder à faire usage de ses recueils.

VIII. Ces détails prépareront, j'espère, le lecteur à recevoir avec quelque indulgence un ouvrage posthume, dont la rédaction offroit des difficultés, tenant au génie même de l'auteur. Cette indulgence n'est nullement sollicitée pour le fond de l'ouvrage, auquel on ne doit que justice. Celui qui le publie est le premier à demander qu'il soit jugé à rigueur. Quel autre désir pourroit l'animer ? Si les principes de la physique mécanique

de LE SAGE sont vrais, il souhaite de les voir adopter; s'ils sont faux, de les voir réfuter. Ils sont peu connus; il a donc fallu les soumettre au jugement de ceux qui ont droit de prononcer.

Si ces principes sont vrais; les conséquences déduites, en particulier les applications que j'en ai faites aux gaz et à la lumière, peuvent à leur tour être vraies ou fausses, selon qu'elles auront été bien ou mal déduites. Je ne demande de même à cet égard que justice. Je veux dire que je ne désire autre chose qu'être éclairé. Mais je sollicite l'indulgence pour ma foiblesse, qui ne m'a pas permis de mettre dans cette déduction toute l'étendue que j'aurois ambitionnée, ni probablement le degré de rigueur auquel j'aurois dû atteindre, dans le champ limité que j'ai parcouru.

IX. Indépendamment des préventions défavorables dont j'ai parlé au commencement de cette préfaee; je dois fairo mention d'une opinion particulière fort répandue parmi les physiciens, et qui est

en opposition directe avec celle dont je pars dans l'une des applications que j'ai tentées. Quelle est la nature du milieu propagateur de la lumière ? Les physiciens me semblent se diviser en trois classes ; les émissionnaires, les ondulateurs et les indifférens. Il me paroît, qu'en ces derniers temps, la seconde de ces classes s'est accrue. J'ai donc à craindre qu'une explication des phénomènes de la lumière, toute fondée sur l'émission, ne soit reçue avec défaveur. Je ne chercherai point à attaquer une opinion qui a été souvent et savamment discutée : mais j'ose compter sur cet amour de la vérité qui caractérise les vrais savans, pour obtenir d'eux, quelle que soit leur opinion, un examen impartial de celle qui leur est offerte.

X. J'ai eu récemment occasion de rencontrer, dans un court séjour à Londres et à Paris, des physiciens éminens, dont les uns se sont prêtés, de la manière la plus équitable, à ce genre de discussion ; et les autres, avec qui je n'ai pas eu occa-

sion de l'entreprendre, ne m'ont pas laissé douter de leurs dispositions vraiment aimables et philosophiques à cet égard. C'est donc avec quelque confiance que je soumets cet essai à leur jugement; sûr que, s'ils daignent s'en occuper, il ne peut qu'en résulter pour moi une solide instruction. Qu'il me soit permis de nommer ici quelques-uns de ces physiciens dont je viens de louer les dispositions et de qui j'attends le jugement avec espérance (1). A Londres, le Dr. WOLLASTON m'a prêté une oreille attentive. A Paris, j'ai été encouragé à publier cet ouvrage par MM. LAPLACE, BIOT, ARAGO. Ce dernier, dont il me semble que les opinions se dirigent dans un sens opposé à celui de l'émission, et à qui je n'ai pas

(1) En nommant, sans leur aveu, des savans dont j'ai à me louer sous le point de vue de l'impartialité, je dois dire que je ne prétends nullement par là m'autoriser de leur suffrage dans le jugement à porter sur le système de LE SAGE et sur les conséquences que j'en ai déduites; car à cet égard, je ne puis moi-même savoir quel sera le résultat de l'examen qu'ils croiront convenable d'en faire.

dissimulé mon attachement à ce système, non-seulement m'a témoigné le désir de voir paroître l'écrit dont je lui faisois connoître le but, mais a été jusqu'à me faire parvenir les offres les plus obligeantes pour en favoriser l'impression. Je dois aussi des remercîmens de même genre à MM. FOURIER et MAURICE, l'un et l'autre membres distingués de l'Académie des sciences. En un mot, les entretiens et les communications épistolaires, que j'ai eus avec plusieurs hommes célèbres, m'ont fait concevoir une assez haute idée de leur impartialité, pour ne pas désespérer tout-à-fait de voir la science retirer quelque fruit de la double publication que je basarde de faire; quoique je sente combien le point de vue sous lequel la nature est envisagée dans cet ouvrage s'éloigne de celui qui est le plus généralement préféré.

Puisque j'ai cité de grands noms, je devrois peut-être en joindre d'autres, et ne pas me borner aux deux capitales que je viens de traverser.

Je me contenterai de rappeler ici (ce dont on trouvera des preuves dans la *Notice de la vie et des écrits de Le Sage*), que les hommes les plus célèbres du siècle dernier, les Euler, les Lambert, les Frisi, les Boscowich, accordoient à Le Sage beaucoup d'estime, et ont témoigné plus d'une fois le cas qu'ils faisoient de ses productions. Je dois nommer en particuler le savant Pfleiderer, qui a connu Le Sage personnellement et qui, en toute occasion, s'est plu à lui rendre justice. Tous les physiciens savent, que J. A. De Luc a rendu constamment hommage à son génie.

NOTA.

1. On s'est servi constamment d'un seul signe pour indiquer la division. En conséquence, les fractions sont toujours écrites de manière que leurs deux termes sont sur une même ligne horizontale. On a eu soin d'écrire les fractions propres en caractère italique.

Ainsi $\frac{2}{3}$ est écrit *2:3*

$2\frac{1}{2}$ est écrit 2+*1:2*

Le but de ce léger changement à l'usage commun est d'éviter les caractères fractionnaires, que leur petitesse rend quelquefois indistincts.

2. Nous avons constamment employé la notation wolfienne; et en conséquence, nous avons placé des virgules seulement de six en six chiffres; en désignant par une apostrophe la place des unités. Par exemple *un billion et deux millionièmes* seroit écrit ainsi 1,000 000,000 000'000 002.

PREMIER TRAITÉ.

PHYSIQUE MÉCANIQUE

DE

GEORGE-LOUIS LE SAGE,

RÉDIGÉE D'APRÈS SES NOTES ET CONTENANT

1. L'EXPOSITION de son système des corpuscules ultramondains.
2. LA RÉFUTATION des objections qui pourroient s'élever contre ce système.
3. LA THÉORIE des fluides élastiques, d'après ce même système.
4. QUELQUES APPLICATIONS du même système à certaines affinités.

AVIS DE L'ÉDITEUR.

1. Aux sujets qu'énonce le titre de cette Physique mécanique, j'avois espéré pouvoir joindre un écrit de Le Sage, *sur la cohésion*, dans lequel il s'attache à prouver que ce grand phénomène n'est pas explicable par l'attraction neutonienne ; mais la rédaction de cet écrit n'a pu être faite à temps.

2. La Bibliothèque publique de Genève a agréé le dépôt que je lui ai offert, des manuscrits de G. L. Le Sage. Ce dépôt ne tardera pas à être exécuté. Il en résultera deux avantages. Le premier, que ceux qui s'intéresseront à la partie des ouvrages de cet auteur qui aura été publiée, pourront recourir à ce dépôt pour obtenir de nouveaux détails. Le second, que le reste des manuscrits de ce savant laborieux ne périra pas, et que ces manuscrits trouveront peut-être un éditeur après moi.

LIVRE PREMIER.

Exposition du système des corpuscules ultramondains.

CHAPITRE PREMIER.

Exposition sommaire du système des corpuscules ultramondains.

ARTICLE PREMIER.

But de ce système.

§. 1. Le but de ce système est d'expliquer le phénomène connu sous le nom d'*attraction neutonienne*. Ce phénomène, qu'on pourroit désigner plus simplement par le mot général de *gravité*, comprend la *pesanteur* comme un cas particulier.

§. 2. Les lois générales de l'attraction neutonienne sont la loi des masses, la loi des distances et la loi d'accélération des graves. La première s'énonce ainsi : *Dans tous les grands corps observés, la force qui les fait tendre*

à s'approcher les uns des autres est proportionnelle à leurs masses.

La seconde est celle-ci : *La force par laquelle un corps est poussé vers un autre corps, est inversement proportionnelle au carré de la distance.*

La loi d'accélération des graves, d'abord observée sur les corps qui gravitent vers la terre, puis supposée et vérifiée dans le ciel, est la suivante : *Les espaces collectifs, décrits par un corps pendant sa chute libre, sont comme les carrés des temps employés à décrire ces espaces.* Et l'on démontre que de cette loi résulte l'égalité des impulsions élémentaires de la pesanteur (ou de la gravité); comme aussi réciproquement de l'égalité de ces impulsions élémentaires résulte la loi.

Telles sont les lois, ou les expressions des rapports généraux, auxquelles viennent se rapporter tous les phénomènes de la gravité. Si donc on se propose d'expliquer ceux-ci, il est inutile d'entrer dans des détails subordonnés. On doit se borner à appliquer la cause proposée aux lois que nous venons d'énoncer; et dès-lors toute la multitude des phénomènes qui en dépendent se trouvera pleinement expliquée.

ARTICLE 2.

Constitution du fluide gravifique.

§. 3. L'espace étant conçu vide, il faut d'abord y placer un *atome* fort petit, de l'espèce de ceux que les physiciens ont coutume d'appeler *durs* dans le sens absolu, c'est-à-dire infrangible, inflexible, et privé de toute élasticité. La figure de ce corps n'est pas déterminée par les phénomènes. On peut, par raison de simplicité, la concevoir sphérique. Ce premier atome, ou corpuscule, étant ainsi constitué, rangez par la pensée d'une manière uniforme et régulière d'autres corpuscules pareils, de manière à occuper tout l'espace, en laissant néanmoins de grands intervalles entre chaque atome et les atomes voisins. Vous avez maintenant la conception d'un fluide discret, dont les parties sont en repos.

Donnez à chaque corpuscule une impulsion égale; communiquez ainsi à tous une même vitesse, très-grande (1), dirigée en différens corpuscules d'une manière différente : telle-

(1) Par rapport à toutes les vitesses observées ou reconnues d'ailleurs.

ment que vous ne puissiez feindre aucune direction, selon laquelle il ne se meuve un courant de corpuscules, pareil à tout autre courant mû selon quelqu'autre direction.

Le fluide discret ainsi constitué, ayant chacun de ses élémens mû d'une vitesse égale et très-rapide, traverse l'univers; et par conséquent il est parti de lieux placés au-delà; c'est pourquoi ces élémens s'appellent *corpuscules ultramondains;* et le fluide lui-même s'appelle *gravifique,* parce qu'il produit la gravité.

§. 4. Il importe de s'arrêter ici un instant pour considérer l'effet général de la constitution que nous venons de décrire. Fixons un point de l'univers. Quelque court que soit l'instant de notre contemplation, on peut dire, vu la rapidité des corpuscules ultramondains, qu'il passe par ce point, pendant cet instant, des filets de corpuscules selon toutes les directions imaginables. Car, quoique ce ne soit pas rigoureusement vrai, c'est d'une vérité suffisamment approchée pour toutes les applications que nous en pourrions faire.

Donc on peut dire d'un point quelconque de l'espace, pendant un instant quelconque, qu'il est comme un centre où convergent et d'où divergent, en toutes directions, des filets

de corpuscules en nombre innombrable : c'est-à-dire, qu'il arrive à ce point-là, en cet instant, une multitude de corpuscules de tous les points de l'espace ; et que de même une multitude de corpuscules en partent selon toute espèce de direction.

ARTICLE 3.

Explication du phénomène général.

§. 5. Cette constitution du fluide gravifique étant conçue, que l'on plonge dans ce fluide un corps solide terminé par des angles saillans, ou par des surfaces convexes (tel qu'une sphère, par exemple), et beaucoup plus gros qu'un corpuscule. Ce corps demeurera immobile, ou du moins ne sera en proie à aucun mouvement constant. Il sera balloté peut-être par l'inégalité des courans, et exécutera des oscillations irrégulières.

Plongez un second corps dans ce même fluide, à quelque distance du premier. Ces deux corps s'approcheront l'un de l'autre ; car l'un sert à l'autre de bouclier, et les courans qui n'ont plus d'antagonistes, devenant nécessairement efficaces, produisent, dans l'un et l'autre corps, un mouvement constant, par lequel ils tendent à se réunir.

ARTICLE 4.

Explication de la loi des distances.

§. 6. Examinons à présent de plus près les conséquences qui résultent de l'existence de ces corpuscules.

Chaque point physique de ce monde visible occupe sensiblement le centre de cette immense sphère ultramondaine de corpuscules ; de sorte que les corpuscules qui traversent ce point en divers sens sont sensiblement aussi nombreux les uns que les autres.

Soit maintenant une particule de matière, beaucoup trop petite pour que nos sens puissent la distinguer, mais beaucoup plus grande cependant qu'un corpuscule ultramondain ; que cette particule occupe un tel point de l'espace ; elle arrêtera tous les corpuscules qui s'avanceront vers ce point, en sorte qu'on peut se les représenter comme étant tous interceptés. On pourra concevoir ceux qui y vont comme traversant successivement diverses surfaces sphériques, concentriques à cette particule : et les corpuscules qui traversent une de ces surfaces, sont exactement les mêmes que ceux qui ont traversé toute autre d'entr'elles plus

éloignée ; ils y seront donc d'autant plus serrés que celle-là sera moins étendue que celle-ci. Or, les surfaces des sphères sont entr'elles comme les carrés de leurs diamètres, ou de leurs demi-diamètres, qui sont ici les distances de ces surfaces à la particule. Donc les densités de ces corpuscules ultramondains, à diverses distances de la particule, suivent la raison inverse du carré de ces distances. Donc enfin leurs impulsions efficaces, pour entraîner avec eux vers cette particule les corps qu'ils rencontrent sur leur passage, suivent la raison inverse du carré des distances de ces corps à cette particule.

§. 7. Cette dernière conséquence est la seule proposition de laquelle NEWTON a déduit les lois de KEPPLER, tous les phénomènes célestes qui se renouvellent (1), et les marées. Les lois de la chute des corps sublunaires ne sont

---

(1) Quant aux phénomènes qui peuvent se continuer en vertu de la seule inertie, sans avoir besoin de nouvelles impressions, il faut les rapporter immédiatement à un mouvement imprimé, une fois pour toutes, par la cause première. Telles sont la grosseur et la densité des planètes, leurs distances au soleil, la direction et l'excentricité de leurs orbites, la direction et la vitesse de leurs rotations, etc.

qu'un petit corollaire de cette proposition (1).

Il seroit inutile de retracer ici les conséquences de ce grand principe, puisque je ne pourrois différer que par quelques expressions des nombreux auteurs qui les ont déduites. J'appellerois, par exemple, *imperméabilité*, *interception*, *impulsion* et *approche*, ce qu'ils appellent *force attractive*, *attraction*, *sollicitation* et *gravitation*. Et je parlerois de *particules imperméables* et de *polygones*, au lieu de *points attractifs* et de *courbes*.

Il régneroit assez de régularité dans les conséquences déduites de cette théorie, non-seulement pour satisfaire à la régularité apparente qui tient à l'imperfection de nos organes, mais même pour satisfaire à une régularité beaucoup plus grande encore, s'il étoit nécessaire, c'est-à-dire, si nous avions quelque certitude qu'il en règne effectivement une plus grande. On y trouveroit autant de précision, par exemple, que dans l'optique, où l'on rai-

(1) Ces lois se réduisent essentiellement à la direction des graves (déterminée par la loi des distances, NEWTON, *Princ.*, *lib. I*, *prop.* 71), et au théorème de GALILÉE, qui, dans des distances sensiblement égales, est la conséquence de l'égalité des chocs du fluide gravifique. (*Voyez l'article* 7.)

sonne sur des lignes physiques, comme si c'étoient des lignes mathématiques.

Ayant ainsi expliqué, par les corpuscules ultramondains, la loi de l'attraction newtonienne qui est relative aux distances, il est temps de passer à celle qui est relative aux masses. Mais ceci exige que nous nous arrêtions un instant à considérer la constitution des graves.

ARTICLE 5.

De la constitution des graves.

§. 8. Plusieurs faits attestent la grande porosité des corps. Il faut de plus concevoir ces pores tellement construits, qu'ils permettent aux corpuscules ultramondains un passage facile ; en sorte qu'ils soient tous fort perméables à ces corpuscules.

On doit donc concevoir les élémens rangés de manière à laisser entr'eux des interstices fort grands, par rapport au diamètre de ces élémens.

Et de plus, on doit concevoir ces élémens eux-mêmes comme très-perméables ; comme étant des espèces de cages, composées de barreaux d'un très-petit diamètre, par rapport à leur mutuelle distance.

De ces conceptions il résultera, que les grands corps (le globe terrestre, par exemple) n'arrêteront ou n'intercepteront qu'une très-petite partie des courans de corpuscules qui se présenteront pour les traverser.

ARTICLE 6.

Explication de la loi des masses.

§. 9. Il suit de cette constitution des graves, que le nombre des corpuscules, qui arrivent aux premières et aux dernières couches d'un corps, est sensiblement le même, malgré la grosseur de ce corps; et par conséquent, que les interceptions sont proportionnelles à la quantité de matière; en d'autres termes, que la pesanteur est proportionnelle aux masses.

§. 10. Du reste, je conviens que, d'après ce système, cette loi ne doit pas être rigoureuse; mais aussi rien ne prouve qu'elle l'est. Les observations les plus exactes ne l'ont démontrée qu'à *1:1000*^me près (1) dans le voisinage de la terre, et peut-être à *1:10000*^me près dans les corps célestes. On peut dire que les atomes passent sans doute très-librement à

(1) *Newtoni, Princip., lib. 3, prop. 6.*

travers tous les corps pesans ; aussi librement, par exemple, que la lumière passe à travers le diamant ; et la matière magnétique à travers l'or ; quoique l'un de ces corps soit le plus dur, et l'autre le plus pesant de tous les corps connus (ce qui prouve qu'ils ont moins de pores que la plupart de ces corps) ; de sorte que le nombre de ceux qui sont interceptés par les premières couches d'un grave, est absolument insensible relativement au nombre de ceux qui parviennent aux dernières couches (1) : et que ces premiers ont cependant la force de produire une action sensible sur les premières couches de ce grave, parce qu'ils obtiennent, au moyen d'une vi-

(1) Quelque considérable que soit le nombre n des couches horizontales, qu'on jugera à propos de concevoir dans un grave dont la densité est uniforme ; à chacune desquelles cependant le nombre (et par conséquent l'effet) des atomes gravifiques est réduit selon le rapport du volume entier de la couche précédente à la somme des passages dont elle est percée : et quelque approchans que soient de l'égalité les nombres a et b, qui expriment le rapport qu'on présume avoir lieu entre le *poids* de la couche la plus haute de ce grave, et le poids de la plus haute couche d'un grave placé au-dessous de ce premier (ces deux couches étant supposées égales en volume et en den-

tesse immense ; la vigueur qu'ils ne peuvent pas tenir de leur masse.

ARTICLE 7.

Accélération des graves.

§. 11. La loi d'accélération des graves s'explique aussi dans ce système avec tout le degré d'exactitude que les phénomènes exigent. Il faut se rappeler que les corpuscules ultramondains ont tous la même vitesse ; que cette vitesse est très-grande par rapport à toutes les vitesses connues et observées ; que chaque corpuscule est d'une petitesse extrême par rapport aux moindres particules dont les grands corps sont composés, et à plus forte raison par rapport aux moindres aggrégats de ces particules.

---

sité) ; on pourra cependant toujours exprimer, en nombres *finis*, le rapport du volume entier au vide qui en fait partie : car ce sera celui de $\sqrt[n]{a}$ à $\sqrt[n]{b}$; et l'on obtiendra un tel rapport au moyen de plusieurs sortes de tissus : par exemple, au moyen de celui que NEWTON indique dans son Optique, livre II, partie III, prop. 8 ; le nombre des ordres de pores étant l'excès du logarithme de $\sqrt[n]{a}$ sur celui de $\sqrt[n]{a}$ moins $\sqrt[n]{b}$, divisé par le logarithme de deux.

Cela étant, lorsqu'un corpuscule a atteint une particule qui fait partie d'un corps, il ne peut lui imprimer qu'une vitesse extrêmement petite (à très-peu près réciproque de leurs masses). Donc le second corpuscule du même filet venant à atteindre la même particule, lui imprimera un choc sensiblement égal au premier; et il en sera de même des suivans. Donc enfin les chocs successifs sont égaux. Or, cela suffit pour expliquer pleinement la loi de l'accélération des graves.

§. 12. Il est vrai que cette loi dans ce système n'est pas rigoureuse; mais elle peut approcher de l'être autant que les phénomènes observés l'exigent; car il ne faut pour cela qu'une rapidité suffisante dans les corpuscules jointe à la petitesse requise : deux conditions qui ne peuvent être déterminées que par les phénomènes mêmes.

Les chapitres suivans fourniront une exposition plus détaillée des principaux points de ce même système.

CHAPITRE II.

Détermination des qualités susceptibles de plus ou de moins dans ma physique corpusculaire.

ARTICLE 1.

Vue générale de la petitesse des ***Corpuscules*** *ultramondains, de leur* ***vitesse***, *et de la* *rareté du fluide gravifique.*

§. 13. La loi des masses, cette loi par laquelle la pesanteur est proportionnelle à la quantité de matière, force à supposer les élémens du fluide gravifique extrêmement petits; car ce n'est qu'à la faveur d'une perméabilité très-grande, que ces corpuscules gravifiques peuvent pénétrer dans l'intérieur des masses, et agir sur les particules intérieures et recouvertes, avec une force sensiblement égale à celle avec laquelle ils poussent les particules extérieures et non-abritées. Or, les pores perméables des corps denses (tels que l'or) et même des corps les plus rares (tels que la

pierre ponce, le liège, etc.) sont très-petits par rapport aux grandeurs que nos sens apprécient. Donc les corpuscules ultramondains, qui passent librement par ces pores, et traversent en tout sens, non quelques couches minces, mais le globe entier de la terre, celui même du soleil, en subissant peu d'interceptions, doivent être d'une étrange petitesse.

Aussitôt on en conclura que ces corpuscules doivent être fort denses ou fort rapides, et probablement denses et rapides tout à la fois; car la pesanteur, et l'attraction neutonienne, dont elle est une espèce, sont des forces puissantes. Si donc elles sont produites par l'impulsion de corpuscules d'un très-petit volume, il faut au moins que ces impulsions soient énergiques à d'autres égards : sur quoi nous remarquerons que la densité, sans une très grande vitesse, ne suffiroit probablement pas à l'explication des faits. La densité a des bornes. On ne peut faire plus que d'attribuer à chaque corpuscule une masse exempte de vide. Or, les particules élémentaires des corps, que ces corpuscules atteignent, sont nécessairement aussi en grande partie solides et massives. Mais on doit les concevoir comme beaucoup plus grandes que les corpuscules, afin que ceux-ci puissent

traverser aisément leurs parties vides. Donc l'impression d'un corpuscule sur une telle particule seroit bien foible, si le corpuscule n'étoit doué d'une très-grande vitesse.

§. 14. Dès que cette grande vitesse est admise, on peut admettre sans inconvénient une très-grande rareté dans le fluide gravifique. En effet, les phénomènes n'exigent pas la continuité réelle, mais seulement la continuité apparente ou sensible, de la gravité. Ainsi, les corpuscules qui se suivent sur une même ligne droite, ou qui composent un même filet, peuvent être séparés les uns des autres par d'immenses espaces, pourvu que ces espaces soient franchis par eux dans un instant sensiblement nul. Cette rareté, conçue possible, est nécessaire pour expliquer la parfaite liberté avec laquelle s'exécutent les mouvemens, en particulier ceux des corpuscules eux-mêmes. On peut appliquer ici, avec une nouvelle force, tous les argumens que font sur la rareté du fluide lumineux ceux qui le conçoivent comme discret. Les courans des corpuscules s'entrecroisent en tout sens sans se gêner, puisque la pesanteur et l'attraction s'exercent selon toutes les directions dans l'espace. Et d'ailleurs la facilité des mouvemens de tous les

autres corps exige un vide presque parfait.

§. 15. On peut remarquer que le système des corpuscules ultramondains offre ainsi dans l'univers le plus grand vide que les phénomènes permettent de concevoir; et en même temps une sorte de plein, produit par le mouvement, qui est tel, que tous les points sensibles de l'univers créé sont toujours occupés. En effet, si l'on a bien conçu ce système, on doit voir qu'en aucun instant, aucun point n'est vacant (pourvu qu'il soit question d'instans et de points sensibles, et non rigoureusement sans parties). Cette espèce de plein est sans doute la seule que permettent les phénomènes.

ARTICLE 2.

Quelques déterminations plus précises.

§. 16. Avant d'entrer dans ces déterminations, nous remarquerons qu'elles présenteront toutes une seule espèce de limite, parce que aucun phénomène n'en fournit de deux espèces. Nous pouvons faire voir que les corpuscules ultramondains sont d'une petitesse moindre que telle quantité donnée; que leur vitesse est plus grande que telle quantité donnée; que la rareté du fluide gravifique est plus grande

que telle quantité donnée : mais nous ne pouvons point dire que les corpuscules sont plus grands, moins rapides, ou moins rares que telle autre quantité donnée.

§. 17. Voici une manière de déterminer une première limitation de lenteur des corpuscules ultramondains :

Quand deux pendules, quadruples l'un de l'autre, décrivent des arcs semblables ; non-seulement leurs vitesses absolues, dans des situations semblables, sont doubles l'une de l'autre, mais cela est vrai aussi de la portion verticale de ces vitesses. Donc en descendant ils éludent des portions de la vitesse du fluide gravifique qui sont en même rapport. Et en montant ils accroissent cette vitesse de quantités qui sont aussi dans le même rapport. Donc un pendule à simples secondes reçoit des impulsions de la part de ce fluide plus foibles que celle que reçoit le pendule à demi-secondes. Et cette différence est proportionnelle à la différence des vitesses verticales des deux pendules. Maintenant, puisque l'une des vitesses verticales est double de l'autre, leur différence est égale à la moindre de ces vitesses, c'est-à-dire à la vitesse verticale du pendule qui bat les demi-secondes. On peut estimer cette vitesse

les $13:10800^{mes}$ de celle d'un corps qui tombe librement depuis une seconde (un peu plus de 5 toises par seconde). Celle-ci est la $1:104^{me}$ partie de celle de la lune dans son orbite (522 toises par seconde). Ainsi la différence des vitesses verticales est à peu près la $1:86400^{me}$ partie de la vitesse de la lune. Si donc la vitesse du fluide gravifique étoit égale à celle de ce satellite, et que le grand pendule fût exactement quadruple du petit, le grand oscilleroit plus lentement de $1:86400^{me}$ partie que ne le donne le résultat de sa comparaison théorique avec le petit : c'est-à-dire que pendant que le petit feroit 172800 oscillations, le grand n'en feroit pas 86400, mais seulement 86399. Or, on n'a point aperçu d'écart d'une oscillation sur 24 heures, quand on a comparé des pendules même plus inégaux que ceux-là. Donc le fluide qui produit la pesanteur se meut plus vite que la lune.

§. 18. Il y a lieu de croire que la vitesse des corpuscules est bien plus grande et surpasse même beaucoup celle de la lumière. En admettant ce résultat et le combinant avec la durée de l'univers, on concevra combien doit être grand le ciel ultramondain, c'est-à-dire l'espace qu'occupent les corpuscules ultramon-

dains. La lumière parcourant plus de 32 millions (1) de lieues en 8 minutes, elle parcourt plus de 20 mille billions de lieues en 10 mille ans. Et si les corpuscules gravifiques se meuvent cent mille fois plus vite que la lumière, ils parcourent deux mille trillions (2) de lieues en 10 mille ans (3). C'est donc à cette dis-

---

(1) Les travaux de Le Sage remontent à une époque déjà ancienne. Il auroit substitué ici le nombre 34 au nombre 32, s'il avoit repris ce calcul dans les dernières années de sa vie. Cette remarque s'applique à plusieurs autres calculs subséquens; et nous nous abstiendrons de la répéter. (*Note de l'éditeur.*)

(2) Le Sage se servoit toujours de la notation wolfienne, d'après laquelle un billion est un million de millions; et un trillion, un million de billions. (*Note de l'éditeur.*)

(3) Avant que Laplace eût reconnu la vraie cause de l'équation séculaire de la lune, il avoit pensé qu'elle pouvoit être attribuée à la différence d'action de la pesanteur sur les corps, suivant leur direction et leur vitesse. Il avoit trouvé que si elle provenoit de cette cause, il falloit supposer à la lune, pour la soustraire entièrement à sa pesanteur vers la terre, une vitesse vers le centre de cette planète, au moins sept millions de fois plus grande que celle de la lumière. Maintenant on sait que cette force agit avec une vitesse incomparablement plus grande. (Voyez *Système du monde*, 3.e édition, p. 295. Gautier, *Essai historique*, p. 82.) (*Note de l'éditeur.*)

tance qu'ont dû être lancés les corpuscules qui causeront la gravité la dix millième année de la création.

ARTICLE 3.

Quelques propositions relatives au sujet de ce chapitre.

§. 19. *Théorème* 1. L'épaisseur moyenne d'un globe est les 2:*3* de son diamètre.

§. 20. *Théorème* 2. Quand un courant uniforme de corpuscules rencontre une sphère, la somme des chocs qu'il exerce perpendiculairement à la surface de cette sphère, est les 2:*3* de la somme des chocs qu'il auroit exercés sur la base d'un cylindre droit circonscrit, dont l'axe seroit parallèle au courant.

Corollaire. Ce rapport de 2 à 3 aura donc lieu à l'égard d'une surface plane de grandeur quelconque.

§. 21. *Théorème* 3. Une vitesse égale à celle de quelques corps célestes suffiroit aux corpuscules gravifiques, pour rendre imperceptible le défaut d'uniformité dans l'accélération des graves libres ou suspendus; défaut qui provient de ce que la vitesse relative du grave et des corpuscules qui le poussent, est plus petite sur

la fin de la descente, qu'elle n'étoit au commencement.

§. 22. *Théorème* 4. Si la gravité est due à l'impulsion d'un fluide, qui se meuve aussi vite que Mercure; un pendule à secondes fait une oscillation de moins chaque jour, que si cette vitesse étoit infinie.

§. 23. *Théorème* 5. Si la gravitation de la terre vers le soleil est due au choc d'un fluide, mû en tout sens également, à cela près qu'il est intercepté en partie par les solides; il faut, et il suffit, que ce fluide se meuve cent mille fois plus vite que la lumière.

N. B. Ce théorème sera démontré dans le chapitre IV, qui traite *de la perméabilité de quelques corps terrestres et célestes.* (§. 56.)

§. 24. *Problème.* L'unité désignant la vitesse que les corpuscules gravifiques impriment à un grave pendant le premier tempuscule où il est libre d'y céder, v désignant la vitesse de ces corpucules, et $1:c$ la diminution imperceptible qui arrive à l'accélération dans le tempuscule égal suivant, déterminer v par c.

Solution. La diminution d'accélération est à la première vitesse imprimée $= 24v + 3 : 2vv$; rapport qui approche autant qu'on le veut de celui de 12 à v.

CHAPITRE III.

De la distribution des corpuscules ultramondains.

§. 25. La distribution uniforme des corpuscules est nécessaire pour que la pesanteur et l'attraction s'exercent indifféremment en toute direction.

Du reste, on peut démontrer qu'il suffit de 3,141592 directions différentes dans les corpuscules ultramondains, pour que la différence de situation d'un grave n'altère pas son poids de *1:500000*me.

Les nombreuses questions auxquelles cette distribution donne lieu, étant plus curieuses qu'utiles, nous ne croyons pas devoir nous y arrêter.

§. 26. *Théorème.* En substituant un nombre fini de courans gravifiques, uniformément distribués, à un nombre infini, on n'altère les résultats que d'une quantité aussi petite que l'on veut.

CHAPITRE IV.

De la perméabilité des corps terrestres et célestes.

ARTICLE 1.

Des corps terrestres.

§. 27. *Théorème* 1. UNE plaque de matière terrestre, médiocrement dense, intercepte moins que la dix millième partie des corpuscules gravifiques qui se présentent pour la traverser.

Preuve. La même marchandise a toujours paru peser tout autant, réunie en une masse fort épaisse, qu'étendue dans une plaque fort mince, cette épaisseur étant disposée dans l'un et l'autre cas selon le sens vertical. Cependant on se seroit bien quelquefois aperçu de quelque différence entre ces deux poids, quand cette différence auroit été environ la *1:2500*^{me} partie du poids total; et, sans doute, quelques physiciens en auroient ouï parler, ce qu'ils n'auroient pas manqué de publier: mais ils n'ont rien publié de semblable. Donc cette différence, s'il y en

a une, est plus petite que la $1:2500^{me}$ partie du total. Par conséquent les parties intérieures de cette marchandise, sont aussi librement, ou presque aussi librement, exposées à l'action des corpuscules gravifiques, sous l'une de ces formes que sous l'autre : la différence des impulsions montant tout au plus à $1:2500^{me}$. Ce qui fait voir, que les parties extérieures ou supérieures, dans la première forme, n'interceptent pas plus de corpuscules gravifiques que les parties extérieures ou supérieures dans la seconde forme, cette différence d'interceptions étant moindre que la $1:2500^{me}$ partie des corpuscules qui causent la pesanteur des parties intérieures. Or, on verra plus bas que dans les cas où l'on se seroit le plus aisément aperçu d'une pareille différence de poids, l'épaisseur moyenne des parties supérieures dans la première forme, l'emporteroit d'environ quatre pouces sur l'épaisseur moyenne des portions supérieures dans la seconde forme. Donc une plaque épaisse de quatre pouces et d'une densité médiocre, intercepte moins de la $1:2500^{me}$ partie des corpuscules gravifiques qui se présentent pour la traverser; et une plaque épaisse d'un pouce intercepte moins de la $1:10000^{me}$ partie de ces corpuscules. Ce qu'il falloit prouver.

§. 28. *Première remarque.* Voici comment la même quantité de marchandise peut être disposée sous deux formes assez différentes pour que les parties moyennes de l'une soient recouvertes d'une couche plus épaisse de quatre pouces que les parties moyennes de l'autre. La première forme seroit celle d'un cube qui auroit neuf pouces de côté, pendant que la seconde sera celle d'une plaque carrée épaisse d'un pouce, et large de 27 ; car, les demi-hauteurs de ces deux masses, étant l'une de quatre pouces et demi, l'autre de demi-pouce, la différence de ces demi-hauteurs et par conséquent celle des couches qui couvrent le milieu de ces corps, sera bien de quatre pouces.

§. 29. *Seconde remarque.* Au lieu de ces deux formes, on pourroit employer les deux suivantes : celle d'une boule dont le diamètre seroit de 13 pouces et demi, et celle de 729 boules, dont le diamètre seroit d'un pouce et demi, rangées en carré horizontal dont le côté seroit de 27 boules ou 40 pouces et demi; car l'épaisseur moyenne de chaque boule, étant les deux tiers de son diamètre, les couches qui recouvrent leurs parties moyennes doivent être censées épaisses, l'une de quatre demi-pouces, et l'autre de demi-pouce, comme dans les formes précédentes.

§. 30. *Troisième remarque.* Je n'ignore pas que quand on feroit ces expériences à dessein, on pourroit y rendre sensible une quantité 10 fois moindre, peut-être même 100 fois moindre : de sorte que, si, malgré la délicatesse de cette expérience, on n'apercevoit cependant aucune différence de poids entre les deux formes d'une même masse, on pourroit en conclure une interception 10 fois ou 100 fois moindre : c'est à-dire, qu'une plaque, épaisse d'un pouce, arrêteroit seulement la cent millième ou la millionième partie des corpuscules gravifiques qui se présentent pour la traverser. Mais je n'ai voulu exposer ici que les conséquences des expériences qui vraisemblablement ont été déjà faites, et non les conséquences d'autres expériences qu'on pourroit s'aviser de faire, mais dont on ignore quel seroit le succès. J'aurois tenté moi-même ces dernières, si celles d'un autre genre, dont je vais entretenir le lecteur, ne m'apprenoient pas déjà que l'interception en question est sûrement trop petite pour qu'on pût en apercevoir les effets, dans ces expériences délicates qu'on pourroit être tenté de désirer que j'eusse exécutées.

§. 31. *Quatrième remarque.* Cette interception me paroît être environ dix fois moindre

que celle de la lumière par l'eau salée, vu le peu de clarté qu'on dit régner au fond de la mer. Mais on connoît des interceptions beaucoup moindres que celle de la lumière; par exemple, celle de la matière magnétique par une croûte du globe terrestre épaisse au moins de quelques centaines de lieues: car la correspondance mutuelle, la régularité des lois, qu'observent en même temps la déclinaison et l'inclinaison de l'aiguille aimantée dans plusieurs pays fort éloignés, indiquent un foyer commun très-profond, où réside la source générale de ces déviations.

§. 32. *Cinquième remarque.* « L'extrême petitesse des parties de notre matière fluide, dit Huygens, est encore d'une nécessité absolue pour rendre raison d'un effet considérable de la pesanteur, qui est, que des corps pesans, enfermés de tous côtés dans un vaisseau de verre, de métal ou de quelqu'autre matière que ce soit, se trouvent peser toujours également: de sorte qu'il faut que la matière, que nous avons dit être la cause de la pesanteur, passe très-librement à travers tous les corps qu'on estime les plus solides, et avec la même facilité qu'à travers l'air (1). » Cet auteur

(1) *Discours sur la cause de la pesanteur, par Huygens.*

entre là-dessus dans bien des détails. Mais il y a un motif pour ne pas consumer beaucoup de temps ni de peine à évaluer les limites de la disproportion que les expériences permettent de supposer entre les épaisseurs verticales des corps terrestres (d'ailleurs égaux, homogènes et équidenses) et leurs poids : c'est que les phénomènes célestes prouvent que cette disproportion doit être imperceptible, puisqu'une couche de matière terrestre moyenne, épaisse d'une toise, n'arrête pas même la *1:126,000000*^{me} partie des corpuscules gravifiques qui se présentent pour la traverser.

En effet, la terre gravite 105 moins vers la lune que vers le soleil (1), quoique ces luminaires soient vus sous le même angle. Donc le soleil intercepte 105 fois plus de corpuscules que la lune ; lors même donc qu'il les intercepteroit tous, la lune n'en intercepteroit que la *1:105*^{me} partie, selon son épaisseur moyenne, qui est les *2:3* des *3:11*^{mes} de 6,600000 toises c'est-à-dire 1,200000 toises. Chaque toise donc,

(1) La masse du soleil vaut 350,000 fois celle de la terre, laquelle vaut au moins 48 fois celle de la lune, ce qui fait 16,800,000, qui, divisés par le carré de la distance 400, donnent 105.

intercepte la $1:1,200000^{me}$ partie d'une $1:105^{me}$, qui fait une 126 millionième.

ARTICLE 2.

Des corps célestes.

Détermination de l'imperméabilité de la lune (1).

§. 33. Supposons que les marées des syzygies soient à celles des quadratures, comme 5 à 3 : et par conséquent, que la part qu'y a le soleil soit le quart de celle qu'y a la lune. Comme ce rapport de 1 à 4, est composé de celui des masses, et de la raison inverse triplée des distances, 400 à 1, c'est-à-dire de la raison de 1 à 64 millions, il s'ensuit que le rapport des masses est celui de 16 millions à 1 : de sorte que la racine cubique de ce rapport, est celui de 252 à l'unité.

---

(1) Le papier, qui contient cette détermination, porte la date du 5 mars 1778. Elle est postérieure à la précédente (non-datée); comme on le voit par une note où l'auteur remarque que l'une et l'autre portent trop peu loin la perméabilité de la lune, et ne peuvent servir qu'à introduire le sujet.

(*Note de l'éditeur.*)

Donc, les interceptions que ces deux globes exercent sur des courans gravifiques d'une même largeur sont entr'elles comme 252 à 1. Quelque complète donc qu'on voulût supposer l'imperméabilité moyenne du soleil, celle de la lune vaudroit tout au plus *1:252*me. Or, l'épaisseur moyenne de la lune est 91,700 000 pouces (les deux tiers de son diamètre, qui est les *7:24*mes de celui de la terre, lequel est de 6,550,000 toises). Donc, chaque pouce d'épaisseur de la matière lunaire intercepte tout au plus la *1:23 108,400 000*me partie des courans.

§. 34. *Remarque.* Ce rapport de 16 millions est à celui de 350 mille qui exprime la masse du soleil relativement à la terre, comme 320 sont à 7 ou 45+*5:7*mes à 1. Les dynamistes modernes prétendent, que le rapport de la masse de la terre à celle de la lune est plus grand que cela; par exemple, en raison de 343 à 216, ou de 512 à 343, d'où résulteroit un dénominateur plus grand que 252, en raison de 7 à 6 ou de 8 à 7; c'est-à-dire 294 ou 288, et le reste à proportion; c'est-à-dire, la *1:26 000,000 000*me, ou *1:27 000,000 000*me partie.

§. 35. *Théorème.* Aucun phénomène n'exige que le soleil, dans son épaisseur moyenne, arrête moins que la *1:125*me partie des corpuscules

gravifiques qui se présentent pour le traverser.

Démonstration. Par ma lettre à M. SEGNER (1), le phénomène qui exige le plus de perméabilité dans la matière, c'est l'imperceptibilité d'une certaine excentricité dans les orbites des satellites de Jupiter, de laquelle NEWTON avoit parlé dans la sixième du troisième des *Principes.* Et j'ai démontré, dans la même lettre, que l'imperméabilité d'un tel satellite seroit *1:10000*me, si les gravités accélératrices de Jupiter et de ce satellite différoient de *1:2221*me. Or, j'ai démontré ailleurs que, dans la position la plus favorable pour apercevoir cette excentricité, elle ne seroit jamais vue plus grande que de 12 892″ divisées par le dénominateur de la différence des gravités accélératrices de Jupiter et de son satellite.

Donc, l'imperméabilité d'un tel satellite seroit *1:10000*me, si 12 892″:2221 étoit une quantité imperceptible dans l'observation dont il s'agit.

Or, par la grossièreté des expressions dont on se sert pour mesurer les plus grandes élon-

---

(1) G. L. LE SAGE, dans sa correspondance, traitoit souvent les questions de ce genre; et il y renvoie dans ses notes, sans qu'il soit toujours facile de retrouver les copies qu'il en gardoit.

(*Note de l'éditeur.*)

gations ou digressions de ces satellites, il paroît que 5″48‴ sont une quantité imperceptible sur la mesure de ces quantités.

Donc, on peut supposer que l'imperméabilité d'un tel satellite est *1:10000*^{me}.

Or, un de ces satellites, au moins, a passé pour être aussi gros que la terre, dans le temps où on a cru que la parallaxe horizontale du soleil étoit de 9″ à 10″, c'est-à-dire quand on a cru que le diamètre du soleil étoit centuple de celui de la terre. (Si l'on vient à découvrir que cette parallaxe est différente (1), cette découverte obligera d'altérer en même raison les diamètres du soleil et du satellite). Et rien n'exige qu'on suppose que le soleil est plus dense que ce satellite.

Donc, l'imperméabilité moyenne du soleil peut être supposée non inférieure à *1:100*^{me}, et tout au moins non inférieure à *1:125*^{me}.

§. 36. *Théorème.* Si la gravitation de la terre vers le soleil, est due au choc d'un fluide mû

---

(1) On sait assez que c'est ce qui a eu lieu en effet. Et dans un calcul subséquent on trouvera employée la parallaxe corrigée. Cette irrégularité tient à la révision récente de ce dernier calcul.

(*Note de l'éditeur.*)

en tout sens également, à cela près qu'il est intercepté en partie par les solides, il faut et il suffit, que ce fluide se meuve cent mille fois plus vite que la lumière.

Afin qu'un fluide discret, assez rare pour ne produire dans l'année aucun accourcissement sensible, puisse produire la gravitation de la terre vers le soleil, en agissant tout entier directement et sans antagonistes, il faut qu'il se meuve 20 fois aussi vite que la lumière. Si donc il n'y a que la *1:25,000 000*^{me} partie de ce fluide qui soit efficace pour produire cette gravitation [tant parce qu'il n'y en a que la *1:200 000*^{me} partie qui soit dirigée vers le soleil, que parce que le soleil dans son épaisseur *majeure* n'intercepte que la *1:125*^{me} partie des antagonistes de cette *1:200 000*^{me} partie]; il faut que cette portion, réellement efficace, regagne par sa vitesse ce qu'elle perd par sa rareté. Il faut donc qu'elle soit 5000 fois plus rapide qu'un fluide qui se mouvroit 20 fois aussi vite que la lumière. *C. q. f. d.*

Première remarque. C'est mille millions de fois la vitesse de la terre dans son orbite.

Seconde remarque. Quand j'ai dit qu'il falloit que la portion efficace pour la gravitation devînt 5000 fois plus rapide, je l'ai entendu

aussi de toutes les autres portions. Et cela n'a point du tout augmenté leur résistance au mouvement de la terre.

---

§. 37. *Phénomène* à observer ou à recueillir des observations déjà faites, soit dans quelqu'autre but, soit sans but déterminé, pour décider si le soleil intercepte les corpuscules ultramondains selon un rapport sensible, et peut-être quel est à peu près ce rapport ; savoir, s'il s'approche sensiblement moins de Jupiter que ne fait la terre, dans les positions où une même inégalité d'approches seroit la plus aisée à observer.

Un mois ou deux avant l'opposition, le soleil doit paroître plus oriental que selon les tables : et un mois ou deux avant la conjonction, il doit au contraire paroître plus occidental.

---

§. 38. *Imperméabilité de Jupiter*, selon son épaisseur moyenne, déterminée en conséquence de la distance moyenne que lui assigne M. Maraldi dans les mémoires de l'Acad. des Sc. de Paris pour 1706; savoir, de 5'1922 fois la distance moyenne de la terre au soleil.

a) Les temps périodiques de la terre et de

Jupiter étant 365 jours 6 heures, et 4332 jours 12 heures, ils sont entr'eux comme 1461 à 17 320; de sorte que leurs carrés sont entr'eux comme 2,134 521 à 300,328 900, ou comme l'unité est à 140'70084.

b) Mais le carré du temps périodique de Jupiter, déduit de la loi abstraite de KEPLER, supposée rigoureusement vraie et appliquée à la distance même déterminée par M. MARALDI, seroit exprimé par le cube de 5'1922, qui est 139'976.

c) Donc, le carré du temps périodique réel est au carré de celui que fourniroit la loi de KEPLER, comme 140'701 sont à 139'976, à peu près comme 583 à 580, ou même comme 194 à 193.

d) Or, à distances égales, les forces centripètes suivent la raison inverse des carrés des temps périodiques.

e) Donc, la force centripète réelle de Jupiter est à celle qu'on déduiroit de la loi de KEPLER, et par conséquent de celle de NEWTON, comme 193 sont à 194.

f) Or, dans ma théorie, cette diminution de force réelle dans un corps plus massif, provient de ce que ses parties intérieures sont plus garanties de l'atteinte des corpuscules gra-

vifiques, que les parties intérieurement placées du corps moins massif.

g) Donc, l'imperméabilité de l'hémisphère supérieur de Jupiter, selon son épaisseur moyenne, diminuée de l'imperméabilité de l'hémisphère supérieur de la terre, selon son épaisseur moyenne, seroit $1:194^{me}$.

h) En admettant que la parallaxe horizontale du soleil est de $8''+3:5^{mes}$ environ, la masse de Jupiter est très-approchamment 300 fois la masse de la terre (par le second corollaire de la troisième proposition du troisième livre des *Principes*).

i) Comme les imperméabilités de deux corps semblables, selon leurs dimensions correspondantes, sont entr'elles en raison composée de ces dimensions et des densités, l'interception de l'hémisphère terrestre est environ les $87:188^{mes}$ de celle de l'hémisphère de Jupiter.

k) L'interception exercée sur l'hémisphère de Jupiter est donc environ les $188:101^{mes}$ de $1:194^{me}$, à peu près $9:922^{mes}$, ou un peu moins de $1:104^{me}$.

l) L'imperméabilité du globe entier de Jupiter est environ $1:52^{me}$.

m) L'imperméabilité du globe terrestre est environ $1:225^{me}$.

n) L'imperméabilité moyenne du soleil est plus grande que celle de Jupiter, en raison des gravités à leurs surfaces, c'est-à-dire de 10000 à 943 ; elle est donc à peu près 10000 : 52 × 943, environ $10:49^{mes}$, un peu plus de $1:5^{me}$. Et l'imperméabilité du soleil, selon son diamètre, est d'environ $15:49^{mes}$, ou un peu plus de $3:10^{mes}$ (1).

(1) Tout ce morceau intitulé *Imperméabilité de Jupiter selon son épaisseur moyenne*, jusqu'à l'endroit auquel cette note est rapportée, a été rédigé par M. le professeur Lhuilier, d'après les notes de G. L. Le Sage, mais avec quelques utiles modifications.

(*Note de l'éditeur.*)

CHAPITRE V.

De la perméabilité générale des corps.

ARTICLE 1.

Perméabilité des composés.

§. 39. QUATRE façons de concevoir l'immense rareté des corps, dont trois donnent lieu à une très-grande perméabilité.

Première façon. Quand plusieurs grandes poutres, de même largeur et épaisseur, sont étendues sur un même plan, parallélement les unes aux autres, de façon que la largeur de leurs intervalles vaille neuf fois la largeur d'une poutre; leur quantité de bois est la dixième partie du volume de toute la couche. Si donc on pose sur cette couche une couche pareille, mais dont les poutres soient dirigées dans un autre sens, afin qu'elles ne tombent pas dans les intervalles de la première couche; et qu'on en pose une troisième sur cette seconde, puis une quatrième, etc.; le bois de ce monceau sera la dixième partie de tout son volume.

Supposons à présent que chacune de ces grandes poutres est elle-même un monceau de petites baguettes rangées entr'elles comme les poutres du grand monceau, de sorte que la dixième partie seulement de chaque poutre soit véritablement de bois, il n'y aura alors dans le grand monceau que la dixième partie de la dixième qui soit véritablement de bois, c'est-à-dire la centième. Concevons qu'il en est de même de la *composition des corps naturels* que de celle de ces monceaux artificiels; mais qu'au lieu de deux ordres successifs de baguettes, il y en ait trois, quatre, etc., subordonnés les uns aux autres de la même façon. On comprend aisément que la matière de ces corps ne sera que la millième partie de leur volume, la dix millième, etc., le nombre des zéros de cette fraction étant précisément le nombre des ordres : de sorte qu'au bout de 21 ordres, par exemple, la matière seroit la mille trillionième du volume (j'entends par trillion, un million de millions de millions).

Seconde façon. C'est de concevoir les corps comme un assemblage de boules égales, dont chacune est elle-même composée de boules égales, et ainsi de suite. Or, la quantité de matière d'un monceau nombreux de sphères

égales, rangées régulièrement en figure quelconque, est à celle d'un bloc solide de même dimension, comme la circonférence d'un cercle est au triple de la diagonale du carré circonscrit (ainsi qu'on le verroit aisément si la démonstration que j'en ai n'étoit pas trop longue pour devoir être insérée ici), ce qui fait environ le rapport de *355 : 113*mes à 3 fois *577 : 408*mes, qui est celui de 48280 à 65201, ou à peu près de 20 à 27 : donc s'il y a deux ordres de boules, la matière sera les *48280 : 65201*mes des *48280 : 65201*mes du volume apparent ; s'il y en a trois ordres, la matière sera les $(48280 : 65201)^3$ du volume, et ainsi de suite. Donc s'il y a, par exemple, 23 ordres, la matière sera les $(48280 : 65201)^{23}$ du volume, c'est-à-dire à très-peu près la *1 : 1000*me ; et si le nombre des ordres est septuple de 23, c'est-à-dire 161, le nombre des zéros du dénominateur de la fraction qui exprime la densité, sera septuple de trois, c'est-à-dire 21, de sorte que cette densité sera d'une mille trillionième.

Troisième façon. Des boules dont le diamètre soit beaucoup plus petit que la distance de leurs centres, unies par des fils roides, beaucoup plus minces encore.

Si, par exemple, ces boules étoient égales

et rangées régulièrement, si leur masse seule étoit les $48280:65201$^me de cette même masse augmentée de celle des fils, et si leur diamètre étoit la dix millionième partie ($1:10^7$) de la distance de leurs centres, la masse du corps composé de la sorte, seroit la mille trillionième ($1:10^{21}$) de son volume apparent.

Quatrième façon. On pourroit ne conserver du tissu précédent que les fils; et au lieu de les faire prismatiques, cylindriques, par exemple, comme on seroit porté à les concevoir, les supposer formés d'une file de boules égales contiguës, pour la commodité du calcul. Alors, si l'on vouloit que la masse du composé ne fût, par exemple, que la mille trillionième partie du volume apparent, il faudroit que la distance des points d'intersection des files valût environ $\sqrt{[10^{21} \times 6 \times 20:27]}$ fois le diamètre des boules, ce qui fait les deux tiers de cent mille millions.

Dans la recherche des conséquences de ce dernier tissu, on pourra s'aider du théorème suivant : L'attraction qu'une file rectiligne fort nombreuse de boules égales exerce sur la première boule de la file, est à la sixième partie de l'attraction que la seule seconde boule exerce

sur cette même première, en raison doublée de la circonférence d'un cercle à son diamètre, c'est-à-dire, comme 9' 869 604, 401 089, 358 618, 834 4 etc., est à l'unité.

ARTICLE 2.

De la forme des élémens, et de leur perméabilité.

§. 40. *a*) JE penche à présent beaucoup à croire, avec M. FATIO (1), que les élémens sont des espèces de cages, ou des polyèdres réduits à leurs côtés ou arrêtes; et que ces côtés sont des fils dont l'épaisseur est prodigieusement moindre que la longueur; par exemple, $1:10^{20}$. A quoi j'ajoute, que cette épaisseur est la même pour tous les corps; puisque les poids de diverses matières, prises en égale quantité, se sont trouvés sensiblement égaux.

(1) NIC. FATIO de Duillier, ami de NEWTON, avoit conçu une explication de la pesanteur, qui a de grands rapports avec celle de G. L. LE SAGE. Celui-ci mit beaucoup de soin à faire connoître les travaux de son dévancier, dont lui-même n'eut connoissance que fort tard. (Voyez la *Notice de la vie et des écrits de G. L. Le Sage*, p. 64. Chez J. J. Paschoud, impr.-libr. à Genève.) (*Note de l'éditeur.*)

b) Mais je laisse indécis si ces fils sont tous des cylindres ou tous des prismes qui aient une même section, ou bien s'ils sont des suites de petits globes polyèdres, comme le pensoit REDEKER (1); et je ne décide pas non plus si ces cages sont toutes des polyèdres réguliers ou s'il y en a d'irréguliers, s'ils sont tous semblables ou s'il y en a de différentes formes, s'ils sont tous égaux ou s'il y en a d'inégaux, enfin s'ils sont combinés et assemblés de façon à remplir un espace, ou s'ils laissent entr'eux des interstices.

c) Je remarque seulement ceci, que si les cages qui composent un même corps sont toutes égales, semblables et contiguës; et que si une même cage a toutes ses faces égales et semblables; les seules formes que ces corps puissent avoir sont ou celle d'un cube ou celle du dodecaédre de M. HORREBOW. Les faces de ce dernier sont des rhombes dont la petite diagonale est à la grande, comme le côté d'un carré est à sa diagonale.

---

(1) REDEKÉR s'étoit aussi occupé de la recherche de la cause de la pesanteur. LE SAGE s'étoit procuré sa Dissertation, et se proposoit d'en parler en détail dans son histoire projetée de la pesanteur.

(*Note de l'éditeur.*)

d) Je me propose principalement ici de rechercher quel est le rapport qui doit régner dans les principaux polyèdres, entre l'épaisseur des côtés (supposés des fils cylindriques), et la longueur de ces côtés, pour obtenir une imperméabilité déterminée; et j'observe en passant, que cette imperméabilité est égale au rapport qui a lieu entre la projection ichnographique des arrêtes seules, et celle de tout le polyèdre s'il étoit massif, puisque les puissances interceptrices des corps (à l'égard d'un courant dont toutes les particules se meuvent dans des routes parallèles entr'elles, et par conséquent à l'égard de plusieurs pareils courans), sont proportionnelles à ces projections.

e) L'imperméabilité d'un polyèdre, déterminé à tous égards, varie beaucoup, suivant la direction du courant auquel il est exposé. Par exemple, si ce polyèdre est un cube, et que la direction d'un courant soit exactement perpendiculaire à une de ses faces, pendant que la direction d'un autre courant s'écarte un peu de cette perpendiculaire selon la diagonale de cette face, la projection des arrêtes sera à peu près double dans le second cas, pendant que celle de tout le cube supposé massif, ne sera pas sensiblement plus grande; de sorte que l'imperméabilité sera presque double.

f) Comme donc chaque élément d'un corps est exposé à des courans ultramondains, sous un nombre prodigieux de directions différentes; et comme les élémens d'un même corps, pourroient bien avoir des figures différentes; comme aussi ces élémens, lors même qu'ils seroient semblables, seroient probablement dans des situations différentes; enfin, comme leur figure est même encore inconnue; nous devons considérer tant leurs arrêtes que leurs faces comme disposées à l'égard d'un courant donné, sous un très-grand nombre de directions différentes, qui feroient des angles égaux avec leurs voisines, et concevoir qu'il y a sous chacune de ces directions des nombres égaux d'arrêtes et des nombres égaux de faces.

g) Dans le sujet que nous traitons ici, on peut considérer comme une seule et même direction toutes les directions parallèles entre elles, ou même toutes celles qui différeroient du parallélisme d'une quantité moindre qu'un certain petit angle donné; et on peut même, sans altérer les conséquences, concevoir : 1.° que toutes les arrêtes parallèles, ou censées telles, sont placées bout à bout sur une seule ligne droite, qui part d'un certain point, le même pour toutes les directions, lequel de-

viendra par ce moyen un centre, d'où partiront plusieurs grands rayons égaux, faisant en tous sens avec leurs voisins des angles très-petits, égaux; 2.° que toutes les forces parallèles, ou censées telles, sont placées à côté les unes des autres sur une même surface, triangulaire, carrée ou hexagone, presque plane et régulière, lesquelles grandes surfaces seront égales, en vertu du paragraphe précédent (*f*), et semblables, pour pouvoir couvrir presque exactement la surface d'une grande sphère, à laquelle j'ai droit de les concevoir appliquées.

h) *Lemme.* Quand un très-grand nombre de droites égales, qui partent d'un même point, font en tous sens des angles égaux avec leurs voisines, et qu'il n'importe pas qu'on change le plan où chacune d'elles est placée, pourvu qu'on ne change pas leur longueur ni ce sommet commun, ni l'angle que cette droite fait avec un certain axe commun, de sorte qu'on puisse concevoir, par exemple, qu'elles sont toutes placées dans un même plan; on peut les représenter par des rayons d'un quart de cercle, faisant avec l'axe des angles dont les cosinus croissent uniformément.

Démonstration de ce lemme. Les extrémités de toutes ces droites sont dans la surface

d'une même sphère, et elles y sont parsemées uniformément ; de sorte que, dans différentes portions de cette surface, les nombres de ces points sont proportionnels à ces portions. Si donc on divise l'axe de cette sphère en parties égales très-petites, et qu'on coupe ensuite sa surface par des plans perpendiculaires à cet axe, menés par tous les points de division (d'où résulteront des zones égales); ces zones contiendront toutes les extrémités d'un nombre égal de nos droites égales : donc, à la somme de toutes les droites terminées à chacune de ces zones, substituant une seule droite qui fasse avec l'axe un angle moyen entre les angles presqu'égaux qu'elles font avec cet axe, et qui égale toutes ces droites ensemble en longueur (et en épaisseur, si ce sont des lignes physiques); ces nouvelles droites seront toutes égales, et elles feront avec l'axe des angles dont les cosinus croîtront par des différences égales très-petites : donc, elles pourront être conçues comme les rayons d'un quart de cercle disposés de la sorte. *C. q. f. d.*

i) Corollaire. Si à chacun de ces rayons on vouloit substituer le sinus de l'angle qu'il fait avec l'axe ; comme tous les rayons terminés à une même zone font presqu'un même angle

avec l'axe, de sorte que tous ces angles ont des sinus propres égaux : la somme de ces sinus seroit à celle des rayons comme un seul sinus est à un seul rayon. Puis donc que nous avons représenté la somme des rayons d'une même zone par un seul rayon, nous pouvons représenter aussi la somme des sinus de cette zone par un seul sinus.

k) *Projection des arrêtes.* La projection ichnographique d'un cylindre droit, beaucoup plus long que large, sur un plan perpendiculaire à une certaine direction, est un rectangle de même largeur que ce cylindre, et dont la longueur est à celle du cylindre, comme le sinus de l'angle que fait l'axe de ce cylindre avec cette direction est au sinus total. Si donc cette direction est celle d'un courant de corpuscules gravifiques, et que les arrêtes de nos polyèdres puissent être regardées comme des cylindres droits de diamètres égaux : la quantité des corpuscules interceptés par ces arrêtes sera à la quantité qu'elles en auroient interceptée, si elles eussent toutes été perpendiculaires à cette direction; comme la somme des sinus des angles qu'elles font avec elles, est à la somme d'autant de fois le sinus total; c'est-à-dire, comme la somme des droites qu'on peut mener dans

un quart de cercle parallèlement à l'un des rayons qui le terminent, à distances très-petites et égales, est à la somme de ces mêmes droites prolongées jusqu'à la rencontre de la tangente qui leur est perpendiculaire (*fig.* 1.); c'est-à-dire, comme la somme des rectangles qui ont pour longueur ces premières droites et pour largeur leur distance mutuelle, est à la somme des rectangles qui ont pour longueur les secondes droites et pour largeur la même distance; c'est-à-dire, comme la surface d'un quart de cercle est à celle du carré de son rayon; c'est-à-dire enfin, comme la circonférence d'un cercle est au quadruple de son diamètre (1).

---

(1) Jusqu'ici cet article est la copie d'un papier qui porte la date de 1767.

A ce papier se rapporte la note suivante de l'auteur:

« Dans ma lettre à M. Matthey, du 17 juin 1763, il paroît, que je n'avois pas alors une notion bien arrêtée de la figure des derniers élémens des graves; je veux dire des cages toutes d'une pièce à peu de barreaux.

» Mais je ne tardai pas beaucoup à acquérir une telle notion : et très-certainement j'en étois en possession avant le 29 mars 1766, jour auquel je reçus les papiers physiques de Fatio.

» Cet intervalle vaut plus de 2 ans et 9 mois. »

(*Note de l'éditeur.*)

Calculs grossiers, de la minceur des verges imperméables aux corpuscules gravifiques.

§. 41. *Lemme.* Si le globe terrestre étoit composé de grilles planes parallèles éloignées d'un pouce, et dont les verges fussent éloignées d'un pouce ; quel seroit le plus grand diamètre qu'on pût assigner à ces verges, pour satisfaire à la proportion apparente qui a lieu entre les poids des corps célestes vers un même corps, et les masses de ces corps ?

Résolution. Le diamètre moyen du globe terrestre vaut 471 à 472 millions de pouces, nombre auquel nous substituerons 500 millions; et la plus grande imperméabilité de ce globe aux corpuscules gravifiques, selon ce diamètre, que la proportion apparente mentionnée permette de supposer, est d'environ une vingt millième : donc l'imperméabilité d'une seule grille, est 500 millions de fois moindre qu'une vingt millième, c'est-à-dire une dix billionième : donc le diamètre horizontal d'une seule verge est la dix billionième partie de la distance mutuelle de deux verges voisines, c'est-à-dire d'un pouce.

§. 42. *Problème.* Si la distance des grilles et la distance de leurs verges étoient la dix

millionième partie d'un pouce, quel seroit le diamètre d'une verge?

Résolution. Le nombre des verges seroit cent billions de fois plus grand que ci-dessus. Afin donc que l'imperméabilité totale fût la même, il faudroit que leurs diamètres fussent cent billions de fois moindres que ci-dessus : donc, ces diamètres seroient mille quatrillions de fois moindres qu'un pouce, ou cent trillions (1) de fois moindres que la distance mutuelle.

Remarque 1. J'ai employé ici pour la distance des grilles et celle des verges, non la plus grande que pourroient me fournir des corps quelconques (par exemple, des corps organisés, ou des fluides considérés d'une façon recherchée), mais la plus grande seulement que pouvoient me fournir des graves palpables non-organisés, tels que l'or, par exemple, envisagé dans l'épaisseur de celui qui recouvre les fils d'argent, dorés le plus légèrement. M. DE RÉAUMUR assigne à cette épaisseur la *2,100000*^{me} partie d'un pouce : or, on ne peut guère lui assigner moins de cinq couches d'atomes, même sans aucune considération délicate.

(1) 10^{20}.

Corollaire. La masse du globe terrestre seroit dix mille sextillions (10^{40}) de fois moindre que son volume.

Démonstration. Le diamètre des verges étant cent trillions (10^{20}) de fois moindre que leur distance mutuelle, la masse de chaque grille seroit cent trillions de fois moindre que la lame continue dont elle fait partie; or, ce même diamètre, et par conséquent l'épaisseur de chaque lame, étant aussi cent trillions de fois moindre que la distance des grilles ou des lames, la masse des lames idéales étoit déjà cent trillions de fois moindre que tout le volume : donc, la masse de toutes les grilles seroit cent trillions de fois cent trillions de fois moindre que tout le volume apparent.

N. B. J'ai supposé que la terre et les verges étoient des parallélipipèdes.

Remarque 2. Afin que ces verges-là puissent former des cubes évidés, il faut en tripler le nombre, c'est-à-dire en concevoir, selon une seconde dimension, autant qu'il y en a déjà; et autant encore selon une troisième.

Et afin que ces cubes puissent se séparer, il faut encore quadrupler le nombre des verges; puisque autrement chacune d'elles serviroit à quatre cubes à la fois : il faut donc en tout dodécupler l'imperméabilité.

Remarque 3. Cependant l'imperméabilité totale ne croîtroit pas dans un aussi grand rapport que cela, parce que ou bien deux des dimensions mentionnées seroient horizontales, et alors la troisième seroit verticale, de sorte qu'elle ne produiroit aucune interception sensible, ce qui réduiroit le multiplicateur 12 au multiplicateur 8, ou bien l'une seroit horizontale et les deux autres obliques, également obliques, par exemple, ce qui réduiroit le nombre 12 au nombre $4+4\sqrt{2}$, ou enfin elles seroient toutes trois obliques également, par exemple, et alors le nombre 12 seroit réduit à $4\sqrt{6}$.

N. B. Les nombres 3, 2, $1+\sqrt{2}$, et $\sqrt{6}$, sont entr'eux à peu près comme les nombres 420, 280, 338, et 343.

ARTICLE 3.

Mesure de l'interception.

§. 43. *Théorème 1.* Quand les densités des corps interceptans sont égales, l'interception qu'ils exercent sur des particules semblablement placées est proportionnelle à leurs dimensions correspondantes; par exemple, à leurs rayons, si ce sont des hémisphères.

§. 44. *Théorème 2.* Quand les dimensions correspondantes des corps interceptans sont égales (et que par conséquent leurs volumes sont égaux), l'interception est proportionnelle à la densité.

§. 45. *Théorème 3.* L'interception est en raison composée de la densité et des dimensions correspondantes.

§. 46. *Théorème 4.* Si une feuille de papier fin ne laissoit passer par ses pores les plus grossiers que la dixième partie des corpuscules gravifiques qui se présentent pour traverser l'épaisseur de ce papier; si les cloisons de ces premiers pores laissoient passer par leurs pores les plus grossiers, que j'appelle pores du second ordre, la dixième partie des corpuscules qui se présentent pour traverser ces cloisons dans toute l'épaisseur de ce papier, et ainsi de suite jusqu'à 3 ou 4 cents ordres; le globe terrestre, supposé partout aussi dense que ce papier, n'intercepteroit pas, dans sa plus grande épaisseur, la cent millième partie des corpuscules qui se présenteroient à lui.

CHAPITRE VI.

Du retour des corpuscules (1).

ARTICLE 1.

Exposition du sujet.

§. 47. LES élémens des graves doivent donc être conçus comme des cages, dont les barreaux

(1) L'auteur dans ses premières méditations, n'avoit pas songé au retour des corpuscules. Dans son *Essai de chimie mécanique*, il annonce deux démonstrations de la vitesse des corpuscules gravifiques, dont la seconde suppose l'accumulation de ces corpuscules sur les corps qu'ils rencontrent. Lorsqu'il fit imprimer quelques *additions et corrections* à cet essai, il rectifia cette erreur, p. 85. C'est en 1758 qu'il reconnut que les corpuscules ne s'entassoient pas, mais revenoient en diverses directions. Il calcula d'abord la vitesse de retour des corpuscules d'une manière erronée, comme on le voit dans ces mêmes additions et corrections imprimées à la suite de l'*Essai de chimie mécanique*. Mais il rectifia ensuite ce calcul, et corrigea à la main l'erreur de l'imprimé, sur tous les exemplaires qu'il eut occasion de donner à ses amis depuis cette époque. (*Note de l'éditeur.*)

(supposés cylindriques) sont d'un diamètre très-petit, relativement à leur longueur, et laissent entr'eux des intervalles immenses, par rapport à ce même diamètre. (§. 40.)

Cependant lorsqu'il s'agit d'apprécier les effets de la percussion des corpuscules contre ces élémens, il sera plus simple de réduire les particules frappées à la forme sphérique, car comme il y a des courans égaux de corpuscules selon tous les sens imaginables; et comme, dans la moindre particule composée, il y a des élémens en pareil nombre, situés de toutes les manières que l'on peut concevoir; les chocs, par une moyenne, ont lieu sous toutes les directions possibles. Il n'y a donc point de conception plus naturelle à la fois et plus simple, que celle d'un élément sphérique en proie à l'activité de tous ces courans.

Les pores d'ailleurs, soit des composés soit des élémens, sont si grands par rapport au diamètre d'un corpuscule ultramondain, que jamais il ne peut arriver que le passage leur soit fermé, ou que ces pores s'obstruent. Les chocs s'y exercent librement contre les surfaces solides, précisément comme ils s'exerceroient contre les surfaces isolées. Ainsi, à tous égards, l'emblème d'une sphère dure, heurtée

par des corpuscules durs, représente exactement les effets qui ont lieu dans la nature.

Quant aux corpuscules eux-mêmes, on pourra se les représenter comme des points, ou comme des sphérules d'une petitesse comme infinie par rapport aux moindres parties solides des élémens des graves.

C'est au moyen de ces abstractions légitimes, qu'on reconnoîtra sans peine quel sera le sort des corpuscules, après qu'ils auront rencontré quelque matière grave.

Premièrement, il n'arrivera presque jamais que le corpuscule heurte perpendiculairement la surface solide d'un élément.

Secondement, toutes les fois qu'il heurtera cette surface obliquement, il perdra de sa vitesse perpendiculaire autant qu'il en communiquera à l'élément selon la raison inverse de leurs masses, et conservera toute sa vitesse parallèle.

Troisièmement, si l'élément est conçu sphérique et comme infini en grosseur, par rapport au corpuscule; celui-ci s'échappera par la tangente.

Quatrièmement, comme les courans arrivent à l'élément en tous sens, ils reviendront aussi de l'élément en tous sens, avec des vitesses très-variées, dont cependant on pourra estimer la moyenne.

ARTICLE 2.

De la vitesse moyenne avec laquelle reviennent les corpuscules.

§. 48. Cette vitesse moyenne est les deux tiers de la vitesse qu'ils avoient à leur arrivée.

ARTICLE 3.

Effet du retour des corpuscules.

§. 49. Il est clair que les corpuscules qui reviennent après avoir frappé une particule forment des courans qui partent en tous sens de cette particule, comme centre, et agissent par conséquent comme courans antagonistes des corpuscules qui arrivent vers cette particule et qui la poussent efficacement. Mais la particule ne se meut vers les autres corps graves, qu'en vertu de l'action de ces derniers courans. Donc, les corpuscules de retour agissent directement pour détruire la force qui pousse cette particule vers les autres graves, ou la force d'attraction neutonienne. Et si ces courans de retour avoient la même force que les courans arrivant, il ne se manifesteroit aucune attraction. Donc, les courans arrivant n'agissent que par l'excès

de leur mouvement sur le mouvement des courans de retour. Mais les masses de ces deux espèces de courans sont les mêmes; donc, c'est de l'excès de la vitesse des uns sur celle des autres que dépend leur efficace : c'est-à-dire, que les corpuscules gravifiques n'agissent pour produire la gravité que par le tiers de leur vitesse. C'est donc à ce tiers qu'il faut appliquer les déterminations de vitesse indiquées par les phénomènes : ou, en d'autres termes, on doit dire que la vitesse des corpuscules est triple de celle qu'on aura trouvée nécessaire pour correspondre aux divers effets qu'ils produisent.

ARTICLE 4.

§. 50. *Remarque particulière.* La considération des courans de retour, est une des plus fortes objections que l'on puisse faire à l'élasticité parfaite des élémens et des corpuscules, admise par NIC. FATIO. Car cette élasticité étant admise, les courans de retour ont un mouvement précisément égal à celui des courans arrivant; et par conséquent il n'y a plus aucun effet produit par la cause supposée.

CHAPITRE VII.

De la rencontre mutuelle des corpuscules.

§. 51. L'EFFET de cette rencontre seroit de diminuer leur vitesse. Cette rencontre est d'une rareté extrême, vu la petitesse des corpuscules et la rareté du fluide qu'ils composent.

Il sera mieux de discuter ce sujet sous la forme d'objection au système; ce que nous ferons dans le livre II, destiné à ce genre de discussion. *(L. II. Chap. 2. Art. 1. §. 75 et suiv.)*

CHAPITRE VIII.

Marche analytique de l'Auteur dans cette recherche (1).

§. 52. TOUTES les fois que nous avons été à portée d'observer la cause du changement d'état d'un corps, nous avons trouvé que c'étoit l'impulsion immédiate de quelque autre corps (telle est, par exemple, l'ascension de l'eau dans les pompes par la pression de l'air). Donc, l'a-

(1) Ce qui suit est extrait du chapitre II de l'*Essai de chimie mécanique*, sur lequel LAMBERT s'exprime ainsi : « Je n'ai rien trouvé de plus beau que la mé- » thode dont vous vous servez au second chapitre par- » ticulièrement, pour remonter des faits constatés aux » principes qu'ils présupposent, et pour déterminer » ces principes uniquement *parce que sans les ad- » mettre, les faits ne pourroient avoir lieu.* Ce n'est » pas là établir deux ou plusieurs hypothèses à la » fois, et les raccommoder par des nouvelles chaque » fois que l'expérience en dément les conséquences. » *Notice de la la vie et des écrits de G. L. LE SAGE ;* Genève, 1805, page 416. Chez J. J. Paschoud, impr.-libr. à Genève. (*Note de l'éditeur.*)

nalogie la plus rigoureuse doit nous faire conclure, que là où nous n'avons pas été à portée d'observer la cause de semblables changemens d'état, elle consistoit aussi dans l'impulsion immédiate de quelque matière. Donc, l'approche mutuelle des corps visibles est due à l'impulsion immédiate de quelque matière invisible.

§. 53. Cet argument tire sa force de cet axiome : *Les effets semblables proviennent de causes semblables*, vu que toute ressemblance doit avoir quelque raison suffisante de son existence. Mais le raisonnement lui-même a besoin de quelques petits éclaircissemens.

1.° Par ces mots *changement d'état*, j'entends le passage du repos au mouvement ou du mouvement au repos, l'accélération ou le ralentissement, enfin un changement de direction, brusque (et par conséquent angulaire), ou nuancé (et par conséquent arrondi).

2.° Après le témoignage actuel de nos propres sens, qui se borne à très-peu d'objets individuels, nous n'avons aucune preuve de ce qui se passe hors de nous plus forte que n'est l'*analogie*. Si quelqu'un, n'ayant pas bien réfléchi, doutoit un peu de la confiance entière que nous donnons à ce genre de preuve, dans les choses qui importent le plus à notre bonheur,

je les prierois de lire ce que dit à ce sujet M. s' GRAVESANDE, dans le discours qu'on a imprimé à la suite de ses grands Élemens de physique.

3.° Il faut avouer que les mouvemens volontaires des hommes sont dus à un être *immatériel.*

Mais, outre qu'ils sont en très-petit nombre, si on les compare aux autres mouvemens qui se passent dans la nature, on peut même dire à la rigueur, qu'ils ne font pas exception à ma proposition; car ils sont dus *immédiatement* à l'action des muscles, celle-ci à celle des nerfs, et cette dernière à celle du cerveau, qui sont tous des corps doués de toutes les qualités de la matière. Et, quoique l'action du cerveau soit due à un être immatériel, cette vérité n'est pas une observation physique immédiate, comme sont toutes celles dont j'ai prétendu parler.

D'ailleurs, j'entends bien aussi que le mouvement de la matière invisible qui produit les attractions, est dû pareillement à l'action primitive d'un être immatériel.

§. 54. La matière invisible qui pousse les corps les uns vers les autres (par exemple, les corps pesans vers le centre de la terre) n'offre aucune résistance sensible à se laisser *diviser* par le mouvement *horizontal* des grands corps, et

elle pousse vers ce centre de petits corps très-voisins (par exemple, deux grains de sable que leur seul poids entraîne par les trous d'un poudrier), quoiqu'elle ne puisse pas entraîner ceux qui sont dans l'intervalle qui les sépare (les grains qui reposent sur l'intervalle des trous). Ses parties peuvent donc se mouvoir, indépendamment les unes des autres, avec une grande liberté. Or, c'est là l'idée que nous attachons au mot *fluide*, donc cette matière est un fluide.

C'est seulement parce que la main est *divisée* en plusieurs doigts, qu'elle peut abaisser à la fois deux touches d'un clavecin sans abaisser celles d'entre-deux.

§. 55. Pour accélérer le mouvement d'un corps dont la vitesse est déjà sensible, il ne suffit pas que le fluide qui cause cette accélération tende seulement à se mouvoir; mais il faut qu'il se meuve lui-même à la poursuite de ce corps, avec une vitesse supérieure à celle avec laquelle ce corps esquive le coup. Or, l'accélération des corps pesans ne cesse pas, lors même que leur vitesse est déjà de quelques toises par seconde. Donc, la vitesse du fluide qui les pousse vers la terre, est tout au moins égale à celle-là.

§. 56. La chute des corps pesans est dirigée de

toutes parts vers un même lieu, le centre de la terre; et on peut en dire autant de l'approche de deux gouttes de liqueur qui se fait également, soit que la ligne qui joint leur centre ait sa direction du nord au sud, ou de l'est à l'ouest, ou du nord-est au sud-ouest, etc. Donc, il faut que le fluide qui cause ces approches, soit de nature à se mouvoir rapidement vers un même lieu, en plusieurs sens à la fois, sans se ralentir sensiblement par ce croisement de directions (1).

§. 57. Si toutes les parties de ce fluide étoient contiguës, ou même si, sans être contiguës, elles ne laissoient entr'elles que des interstices plus petits qu'elles; deux courans opposés de

(1) Ce passage et tout l'*Essai*, dont ce chapitre est emprunté, ont été écrits il y a plus de 60 ans. L'auteur a modifié postérieurement quelques points de sa théorie. On voit, par exemple, qu'à cette époque reculée, il croyoit que les attractions de cohésion, telles que celles de deux gouttes d'eau, étoient dues à l'action *immédiate* des corpuscules ultramondains. Il a depuis été disposé à les attribuer à l'action *médiate* de ces corpuscules, c'est-à-dire à celle d'un fluide secondaire, mis en mouvement par le fluide gravifique. Nous avons néanmoins cru devoir laisser subsister ses premières expressions, qui n'ont rien d'incompatible avec ses dernières opinions. (*Note de l'éditeur.*)

pareille matière s'arrêteroient mutuellement, et, à plus forte raison, plusieurs courans qui s'avanceroient à la fois vers un même lieu ; sans compter que bientôt ce lieu seroit comblé de ce fluide qui, par conséquent, ne pourroit plus même y arriver : notre globe, par exemple, fût-il infiniment poreux, en seroit surchargé depuis long-temps quelques milliers de lieues à la ronde de son centre ; de telle sorte que depuis long-temps il n'en pourroit plus pénétrer du nouveau dans les lieux plus proches du centre que cela ; par exemple, à la surface que nous habitons ; d'où il s'ensuivroit que nous n'éprouverions plus de pesanteur. Donc, les parties du fluide dont nous cherchons la nature laissent entr'elles beaucoup d'interstices plus grands qu'elles. Ce qui indique déjà qu'elles sont *isolées*, de façon à pouvoir se croiser mutuellement comme les décharges de mousqueterie de deux armées ennemies.

§. 58. Si les parties intérieures de ce fluide s'étoient un jour touchées et gênées mutuellement par une suite de la décomposition oblique des pressions ou des mouvemens actuels, elles se seroient bientôt jetées là où elles auroient pu pénétrer, c'est-à-dire dans les interstices plus grands qu'elles, jusqu'à ce qu'il fût arrivé de

deux choses l'une, savoir, ou que ces interstices fussent tous comblés, ou que ces parties ne se gênassent plus mutuellement. Or, le premier de ces effets n'est pas arrivé ; donc le second a lieu, c'est-à-dire que ces parties ne se gênent point mutuellement.

Tout mouvement curviligne étant forcé et tendant perpétuellement à devenir rectiligne, dès l'instant que ce qui le gêne sera enlevé ; un pareil mouvement ne peut pas subsister deux instans dans un fluide dont les parties ne se gênent point et peuvent s'échapper ailleurs. Donc, le mouvement de notre fluide est actuellement rectiligne.

§. 59. Qu'on me permette d'insérer ici une réflexion qui n'interrompra pas long-temps le fil de mes conséquences.

Les efforts prodigieux des plus grands physiciens pour tirer parti du mouvement *curviligne* en faveur de la gravitation universelle s'étant trouvés si infructueux jusqu'à ce jour, il est surprenant qu'ils n'aient pas fait plus de tentatives pour appliquer le mouvement rectiligne aux mêmes phénomènes. Ils auroient cependant pu y être conduits par une analyse pareille à celle qu'on vient de voir, ou par une analogie bien simple.

La gravitation ressemble déjà à la lumière, auroient-ils pu dire, en ce qu'elle décroît comme elle à proportion de ce que les carrés des distances croissent; ne lui ressembleroit-elle donc point aussi, en ce que sa propagation se feroit selon des lignes droites?

D'ailleurs quand les suppositions nécessaires pour rendre raison d'un fait peuvent se réduire à deux classes, la crédibilité de l'une se fortifie de toutes les atteintes que reçoit la crédibilité de l'autre.

Une autre raison qui auroit bien dû engager les physiciens à donner la préférence aux fluides dont les parties se meuvent librement et laissent de grands interstices entr'elles, sur les fluides dont les parties sont pressées les unes contre les autres, c'est que plusieurs fluides de différente nature agissent à la fois dans un même lieu sans se troubler mutuellement dans leurs fonctions, au moins à un degré qui soit sensible : tels sont ceux de la gravité et des autres attractions; celui du magnétisme et celui de l'électricité (qui même en font chacun deux opposés suivant quelques physiciens), ceux de la lumière et de la chaleur, l'air, etc. Au lieu que pour l'ordinaire, uniquement attentifs à la classe particulière de phénomènes qui les occupoient dans

une certaine époque de leur vie, ils lui ont assigné pour cause un fluide qui ne laissoit point un jeu libre aux fluides dont l'existence est nécessaire pour produire les phénomènes de tant d'autres genres.

§. 60. Au reste je ne décide point si ces interstices sont absolument vides, où si seulement ils sont pleins d'un autre fluide destitué de toute résistance sensible.

Les conséquences de ces deux suppositions seront toutes les mêmes pour ce que j'aurai à dire, et je ne prends parti que lorsque j'y suis amené par les faits. Or, je sais bien des faits qui prouvent invinciblement qu'il y a dans l'intérieur et l'extérieur des corps, plus ou moins d'intervalles absolument destitués de résistance, selon que ces corps manifestent moins ou plus d'inertie relativement à leur volume. Mais je n'en sais point qui fixent la nature du *milieu non-résistant* qui occupe ces intervalles.

§. 61. Revenons à notre marche analytique.

Les effets de la pesanteur et des autres attractions se font apercevoir sans aucune diminution sensible sous une cloche de verre, sous des toits et même sous la voûte la plus épaisse. Cependant la matière qui les produit, se mouvant en ligne droite, doit avoir traversé

ces obstacles. Donc, et cette matière est fort subtile, et ces obstacles sont fort poreux.

Ce n'est point ici le cas, si fréquent ailleurs, où, de deux conséquences il n'est permis d'en tirer qu'une à la fois, ou même seulement une alternative indéterminée.

Une matière qui se meut en lignes droites auroit beau être infiniment subtile, il n'en passeroit jamais davantage au travers d'une lame criblée de trous, qu'en raison de la somme des ouvertures seules à toute la surface de la lame. Il faut donc que la somme de ces ouvertures soit réellement fort grande (relativement à la surface qui comprend et les ouvertures et les barreaux), pour que la matière en question puisse y passer presque toute.

Voici une autre preuve de cette double vérité, ou plutôt la même preuve envisagée dans des phénomènes différens.

1.° Les parties d'un corps terrestre ne pèsent pas sensiblement davantage quand elles sont éparses, et par conséquent toutes immédiatement exposées au fluide qui les pousse vers la terre, que quand leur réunion fait que les supérieures dérobent aux inférieures une partie du fluide qui auroit frappé celles-ci. 2.° La gravitation des corps célestes les plus inégaux est

sensiblement proportionnée à leur quantité de matière (*Voyez les Principes de* NEWTON, *livre III*, *prop.* *6.*), quoique le milieu des gros soit moins exposé aux coups de la matière gravifique que le milieu des petits.

Or, cela ne peut se faire, à moins que les couches supérieures de ce corps terrestre, et les couches extérieures des plus grands corps célestes n'interceptent beaucoup moins de particules qu'elles n'en laissent passer.

Donc, encore une fois, ces corpuscules sont fort petits et ces couches fort poreuses.

§. 62. Il ne faut pas appréhender que des corps si poreux, donnant moins de prise aux impulsions de la gravité, viennent à en recevoir moins de vitesse. Car, d'un autre côté, il y a aussi moins de matière à transporter. Les trous, il est vrai, ne sont pas poussés, mais ils n'ont pas besoin de l'être.

§. 63. Des corpuscules isolés, très-subtils, qui se meuvent en ligne droite dans un grand nombre de sens différens et qui rencontrent des corps fort poreux. Voilà donc la seule façon dont peut exister la cause matérielle des attractions; et c'est par des conséquences rigoureusement déduites des phénomènes, que nous avons découvert la nature de cette cause.

§. 64. Les géomètres se sont assez occupés jusqu'à présent des fluides *continus*, qui forment un *plein* parfait ou presque parfait (dont cependant personne ne croit plus guère l'existence), pour qu'il soit temps enfin de considérer aussi les fluides *discrets*, qui doivent avoir lieu dans ce *vide* presque parfait, dont les physiciens se persuadent tous les jours davantage.

Les mêmes philosophes se sont assez occupés des solides parfaitement *imperméables* (quoiqu'on sache bien qu'aucun des corps perceptibles n'est dans ce cas), pour qu'il soit temps aussi d'examiner ce qui arrive aux fluides poreux et *perméables* à divers fluides, ce qu'on sait être le cas de tous les corps qui tombent sous nos sens.

M. Newton a bien considéré, il est vrai, des fluides *discrets*, dans le commencement de la 7.e section du 2.^d livre de ses *Principes*, et cela, sous les noms de fluides *rares* ou *non-continus*.

Mais, 1.° il ne les envisageoit qu'en repos; et il est vraisemblable qu'ils sont souvent en mouvement. 2.° Il les suppose ordinairement doués d'une vertu répulsive; et il y a encore beaucoup de conséquences intéressantes à tirer de leur inertie seule. 3.° Son principal dessein étoit d'en venir enfin à calculer commodément

les résistances des fluides continus ; et la considération des fluides discrets, terminée à cette espèce de fluides, offre encore matière à une théorie aussi curieuse qu'utile. 4.° Enfin, il ne faisoit attention qu'au rapport de leur densité à celle des solides qui y sont plongés ; et on doit avoir égard encore au rapport de leur diamètre avec celui des pores de ces solides.

Il est vrai encore que plusieurs physiciens ont examiné aussi les effets qui résultent du passage plus ou moins libre que les pores de certains solides accordent à certains fluides.

Mais ils n'avoient ordinairement en vue que l'explication de certains phénomènes particuliers, auxquels même ils plioient souvent leurs hypothèses ; ils y faisoient plus usage de leur imagination que de leur entendement ; ils n'apprécioient rien à l'aide de la géométrie et du calcul, ou ils en faisoient des applications si arbitraires et si vicieuses, qu'il auroit mieux valu n'y pas toucher du tout. Enfin je doute qu'aucun d'entr'eux ait examiné, à cet égard, des fluides dont le mouvement fût rectiligne.

Je crois donc qu'il ne seroit point inutile à l'avancement de la physique d'examiner aussi ce qui doit arriver à deux corps poreux placés à une distance finie l'un de l'autre et exposés

à l'impulsion d'un fluide discret dont les mouvemens sont rectilignes et se croisent en mille sens différens.

D'autant plus qu'une secte fameuse dans l'antiquité a tâché d'expliquer tous les phénomènes à l'aide d'un pareil fluide, sous le nom d'*atomes*.

D'ailleurs on a quelque lieu de penser que la lumière se meut de la sorte et peut-être même aussi le feu élémentaire qui a déjà tant de rapport avec elle.

Or, ces deux fluides jouent un assez grand rôle dans l'univers, pour qu'on ne doive rien négliger de ce qui peut tendre à éclaircir leur façon d'agir sur les corps (1).

§. 65. Passant à l'examen des conséquences de l'existence de ces corpuscules, on trouve d'abord et presque immédiatement la loi relative à la distance, comme nous l'avons montré ci-dessus (2); la loi des masses (3), celle de

---

(1) Nous croyons devoir terminer ici cette analyse, pour éviter quelques répétitions, auxquelles nous suppléerons par de simples renvois.

(*Note de l'éditeur.*)

(2) Chap. I, art. 4.

(3) *Ibid.* art. 6.

l'accélération des graves (1), la constitution des graves (2), celle du fluide gravifique (3) et de suite les divers développemens que nous avons donnés à ce sujet (4).

---

(1) Chapitre I, art. 7.
(2) *Ibid.* art. 5.
(3) *Ibid.* art. 2.
(4) Chap. II et suivans.

CHAPITRE IX.

Méthode d'exclusion employée par l'Auteur.

§. 66. LA gravité est une qualité propre au grave ou au corps central, ou bien elle est un agent distinct de l'un et de l'autre.

Cet agent est une cause première ou une cause seconde.

Cette cause seconde est immatérielle ou matérielle.

Cette matière gravifique est solide ou fluide.

Ce fluide est continu ou discontinu.

Ces corpuscules isolés sont en repos ou en mouvement.

Ce mouvement est curviligne ou rectiligne.

Ce mouvement rectiligne est ou en un seul sens ou en plusieurs.

Si j'ai réfuté solidement chaque premier membre de ces bipartitions, j'ai droit d'en conclure *que la cause de la gravité consiste dans des corpuscules isolés, mus en ligne droite selon plusieurs sens.*

Et je puis ensuite procéder à déterminer la *quantité* des objets dont je viens de déterminer la *qualité.*

CHAPITRE X.

Exposé sommaire fait par l'Auteur, à l'usage des mathématiciens, *et publié de son vivant à la suite du Lucrèce neutonien* **(Mém. de Berlin,** *pour* **1782),** *puis réimprimé à la suite de la* **Notice de sa vie et de ses écrits,** *p.* **599. (Chez J. J. Paschoud, imp.-lib.)**

Constitution des graves.

§. 67. 1.° Leurs particules indivisibles sont des cages; par exemple, des cubes ou des octaèdres évidés (c'est-à-dire, dont on n'auroit conservé que les douze arêtes).

2.° Les diamètres des barreaux de ces cages, même augmentés par la pensée du diamètre des corpuscules gravifiques (comme on le doit pour évaluer convenablement la portion interceptée), sont si petits relativement à la distance mutuelle des barreaux parallèles d'une même cage, que le globe terrestre n'intercepte pas la dix millième partie des corpuscules qui se présentent pour la traverser.

3.° Ces diamètres sont tous égaux, ou s'ils sont inégaux, leurs inégalités se compensent sensiblement. Cette dernière phrase signifie que, dans les moindres molécules pondérables séparément (on dit que c'est la 1:32me partie d'un grain), le diamètre moyen des barreaux de l'une ne diffère pas d'une dixième partie du diamètre moyen des barreaux de l'autre; et que, dans les plus grandes masses pondérables, ces diamètres moyens ne diffèrent pas d'une cent millième partie : savoir, parce que chaque molécule pondérable est composée d'un si grand nombre de particules indivisibles, que le simple hasard auroit suffi pour amener presque partout une telle compensation de diamètres.

Constitution des corpuscules gravifiques.

§. 68. 1.° Conformément à la seconde des suppositions précédentes, leur diamètre, joint même à celui des barreaux des particules indivisées, est assez petit relativement à la distance mutuelle des barreaux parallèles d'une même cage, pour que les poids des corps célestes ne s'écartent pas sensiblement (de ce chef) du rapport qu'il y a entre leurs masses.

2.° Ils sont isolés, de sorte que leurs mou-

vemens progressifs sont nécessairement rectilignes.

3.° Ils sont même si clair-semés, c'est-à-dire, leurs diamètres sont si petits relativement à leur moyenne distance mutuelle, qu'il n'y en a qu'un sur plusieurs centaines qui en rencontre quelque autre pendant plusieurs milliers d'années ; de sorte que l'uniformité de leurs mouvemens n'est presque jamais troublée d'une façon sensible.

4.° Ils se meuvent selon plusieurs mille millions de directions différentes, en comptant pour une même, toutes celles qui sont parallèles à une même droite ; on concevra la distribution de ces droites en imaginant d'abord autant de points qu'on veut avoir de directions différentes, parsemés sur une boule quelconque aussi uniformément qu'il est possible, et par conséquent éloignés les uns des autres de moins d'une seconde, et en imaginant ensuite un rayon mené à chacun de ces points.

5.° Parallèlement à chacune de ces directions se meut un courant ou torrent de corpuscules : or, pour ne lui donner que la largeur nécessaire, la coupe transversale de ce courant a le même contour que la projection orthogonale du monde visible sur le plan de cette coupe.

6.° Les différentes parties d'un même courant sont sensiblement équidenses, soit que l'on compare entr'elles des portions collatérales dont les étendues sont sensibles, ou des portions successives dont les durées (des trajets au travers d'une surface donnée) sont sensibles; et il en est de même des différens courans comparés les uns aux autres.

7.° Les vitesses moyennes, déterminées de la même façon que je viens de déterminer les densités, sont sensiblement égales aussi.

8.° Ces vitesses sont plusieurs millions de fois plus grandes, relativement à celles des planètes, que la gravité des planètes vers le soleil ne l'est à l'égard de la plus grande résistance que les observations secondaires permettent de supposer qu'elles éprouvent : par exemple, quelques centaines de fois plus grandes relativement à la vitesse de la terre, que la gravité de la terre vers le soleil n'est grande relativement à la plus grande résistance que les différences séculaires de la grandeur de l'année permettent de supposer que la terre éprouve de la part des matières célestes.

§. 69. *Concept qui facilite l'application des mathématiques à déterminer l'influence mutuelle de ces graves et de ces corpuscules.*

1.° Décomposez tous les graves en *molécules* de masses égales, assez petites pour pouvoir, sans erreur sensible, être traitées comme on traite les *points attractifs* (dans ces théories de la gravité où l'on fait abstraction de sa cause); c'est-à-dire, dans chacune desquelles on puisse négliger les effets de l'inégale distance et position de ces particules, relativement à celles de la molécule que l'on conçoit attirer cette première et en être attirée: telles que sont sans doute celles dont le diamètre est cent mille fois moindre que la distance mutuelle des deux corps dont on examine la gravitation mutuelle, ou dont le demi-diamètre apparent, vu depuis l'autre corps, est d'environ une seconde.

2.° Aux surfaces de cette molécule, accessibles mais imperméables au fluide gravifique, substituez une seule *surface sphérique* égale à leur somme.

3.° Décomposez ces premières surfaces en

facettes assez petites pour pouvoir être traitées comme planes, sans écart sensible dans les conséquences.

4.° Transportez toutes ces facettes sur la surface sphérique mentionnée : savoir, chacune d'elles à un point de ladite surface, dont les tangentes sont parallèles à cette facette.

§. 70. Remarques.

1.° Il n'est pas besoin d'être bien habile pour déduire de ces suppositions toutes les lois de la gravité, tant sublunaire qu'universelle (et par conséquent celles de Keppler, etc.), avec autant et plus de précision que les phénomènes n'en ont fourni ; puisque de telles lois sont même des conséquences inévitables de ces constitutions.

2.° Quoique je présente ici ces constitutions tout crûment et sans preuves, comme si c'étoient des hypothèses gratuites et des fictions aventurées, les lecteurs équitables comprendront bien que j'ai par-devers moi quelques présomptions au moins en leur faveur, indépendamment de leur parfait accord avec tant de phénomènes ; mais qu'elles étoient sans doute trop longues à développer pour trouver

place dans cette annonce (1) : ce sont comme ces théorèmes qu'on publie quelquefois sans démonstration.

5.° Leur multitude seule pourroit inspirer quelque défiance au premier coup-d'œil ; mais les esprits attentifs ne tarderont pas à voir que ce sont des détails où j'ai bien voulu entrer, à cause de la nouveauté de cette doctrine, et qui se sous-entendront aisément quand elle sera assez connue pour qu'on soit porté à suppléer favorablement ces détails. Si les auteurs qui écrivent sur l'hydrodynamique, ou l'aérostatique ou l'optique, avoient à faire à des lecteurs difficultueux, qui doutassent même de l'existence de l'eau ou de l'air, ou de la lumière, et qui par conséquent ne se prêtassent à aucune supposition tacite sur certaines égalités ou compensations dont on ne fait pas une mention expresse, ils seroient bien obligés de charger leurs définitions d'un grand nombre de déterminations dont les lecteurs instruits ou indulgens les dispensent : on n'entend à demi-mot, et *sano sensu*, que des propositions familières, et en faveur desquelles on est déjà prévenu.

(1) Cette annonce, comme nous l'avons dit, avoit été insérée à la suite du *Lucrèce neutonien*.

LIVRE II.

DISCUSSION DES OBJECTIONS QUI PEUVENT S'ÉLEVER CONTRE LE SYSTÈME DES CORPUSCULES ULTRAMONDAINS.

CHAPITRE PREMIER.

De la résistance que le fluide gravifique peut offrir au mouvement des grands corps, en particulier des planètes.

ARTICLE 1.

Exposition sommaire de l'objection et de la réponse.

§. 71. CHAQUE corps céleste trouve perpétuellement sur son chemin des corpuscules qu'il lui faut déplacer pour passer outre, ce qui ne peut se faire sans qu'il leur communique une partie de son mouvement, et par conséquent sans qu'il en soit retardé d'autant ; et (abstraction faite de tout autre élément que la masse à dé-

placer) ce *ralentissement* est proportionnel à la *densité du milieu* composé de ces corpuscules et de leurs interstices : or, la *gravité* aussi de ces mêmes corps est (moyennant une pareille abstraction) proportionnelle à cette *même densité*. Comment donc arrive-t-il que ce ralentissement soit imperceptible, tandis que la gravité est fort sensible? surtout puisque le ralentissement d'un corps circulant est opéré par tous les corpuscules qui se trouvent sur sa route; tandis que sa gravité n'est produite que par ceux d'entr'eux qui sont dirigés vers le corps central?

§. 72. *Réponse.* A choses égales d'ailleurs, la gravité étant produite par un seul torrent, destitué d'antagoniste, elle est proportionnelle au carré de la vitesse des corpuscules (d'après une proposition démontrée partout); tandis que le *ralentissement*, étant opéré par des torrens opposés, est proportionnel au produit de cette vitesse par celle du corps circulant (comme nous le verrons dans un moment). Par conséquent (choses égales d'ailleurs), la gravité est au ralentissement comme la vitesse des corpuscules est à celle du corps circulant.

Or, rien n'empêche de croire que la vitesse des corpuscules ne soit beaucoup plus grande que

celle du corps circulant; et même tout ce que nous avons dit jusqu'à présent de cette première vitesse, doit faire présumer qu'elle est incomparable : donc, le système des corpuscules parsemés et agités en tout sens cadre fort bien avec une gravité incomparablement plus grande que le ralentissement, et il peut y cadrer encore malgré la considération qui fortifioit cette difficulté, pourvu qu'on assigne à ces corpuscules une rapidité plus grande encore que celle qui auroit suffi à résoudre ladite difficulté toute seule.

§. 73. *Remarque.* J'ai dit que le ralentissement d'un grand corps, opéré par des torrens opposés de corpuscules beaucoup plus rapides que lui, étoit proportionnel au produit de la vitesse de ces corpuscules par celle de ce grand corps. Je vais le démontrer quant à la couple de torrens opposés, qui est parallèle à la route du grand corps; et je serai fondé à le conclure quant aux couples obliques à cette route, puisque je peux décomposer leur mouvement en deux directions, l'une parallèle et l'autre perpendiculaire à celle-là, dont la première est (presque toujours) beaucoup plus grande que celle du grand corps, et dont la seconde est indifférente à la chose.

Démonstration. Le ralentissement complexe de ce grand corps est l'excédant du ralentissement simple qu'il éprouve de la part du torrent qui va à sa rencontre sur l'accélération simple qu'il éprouve de la part du torrent qui le poursuit : or, ces deux altérations simples sont proportionnelles aux carrés des vitesses respectives, lesquelles sont la somme et la différence de la vitesse absolue des corpuscules et de la vitesse absolue du grand corps; par conséquent, le ralentissement complexe est proportionnel à l'excédant du carré de cette somme sur le carré de cette différence, excédant quadruple du produit de ces vitesses absolues (1).

---

(1) El. 2, 8.

Ou symboliquement : soit v la vitesse des corpuscules,
c celle du grand corps.

Les vitesses respectives sont $v+c$, $v-c$.

Les carrés de ces vitesses $v^2+2vc+c^2$, $v^2-2vc+c^2$.

Leur différence est $4vc$.

Il y a toutefois une modification à faire à cette formule. Tous les courans corpusculaires que le corps rencontre dans sa route sont plus ou moins efficaces pour le retarder; tandis que les corpuscules qui le poussent vers un autre corps ne sont que ceux dont cet autre corps intercepte les antagonistes. Cette considération, jointe à celle du retour des corpuscules (§. 48), intro-

ARTICLE 2.

Remarque historique.

§. 74. Cette objection a frappé plusieurs physiciens célèbres, qui n'ont pas aperçu la réponse qu'on y pouvoit faire.. Le judicieux s'GRAVESANDE s'exprime ainsi : « Un fluide » assez rare pour n'apporter aucun obstacle » sensible au mouvement des corps, ne pour- » roit pas pousser les uns vers les autres de si » grands corps avec tant de force (1) ». L'objection contre tout mécanisme de la gravité, déduite de ce que la résistance est imperceptible, est employée comme *évidentissime* par le P. BOSCOVICH (2). « On est presque forcé » de convenir, dit D'ALEMBERT (3), que les

duit dans la formule un facteur nouveau, qui affecte la résistance. M. DE VÉGOBRE, qui s'est occupé à le déterminer pour la terre, trouve pour limite de ce facteur 740 000 fois la fraction qui exprime le rapport du volume entier du soleil à sa partie imperméable.

Cette limite en assigne nécessairement une nouvelle à la vitesse des corpuscules (§. 36). (*Note de l'éditeur.*)

(1) s' GRAVESANDE, *Élémens de physique*, §. 4096.

(2) BOSCOVICH, *Theoria phil. natur. univ. Venetiis*, 1763, §. 400.

(1) *Encyclopédie*, art. *Attraction.*

» planètes ne se meuvent point en vertu de » l'action d'un fluide; car, de quelque manière » qu'on suppose qu'un fluide agisse, on se » trouve exposé de tous côtés à des difficultés » insurmontables. Le seul moyen de s'en tirer » seroit de supposer un fluide qui fût capable » de pousser dans un sens, et qui ne résistât » pas dans un autre; mais le remède, comme » on voit, seroit pire que le mal : on est donc » réduit à dire que la force qui fait tendre » les planètes vers le soleil, vient d'un principe » inconnu, etc. »

Pingré, dans sa *Cométographie* (1), après avoir exposé les motifs sur lesquels Newton se fonde pour n'admettre entre le soleil et les étoiles fixes qu'un fluide très-rare et incapable d'une résistance sensible, ajoute ces mots : « Si ce fluide est incapable de résistance sen- » sible, on accordera facilement qu'il est pa- » reillement incapable d'une action sensible. » Ce n'est donc point dans ce fluide qu'il faut » chercher le principe de mouvement des pla- » nètes. » Montucla avoit énoncé la même difficulté dans la première édition de son *Histoire des mathématiques*, et l'a répétée dans

(1) *Cométographie*, t. 1, p. 150.

la seconde, quoiqu'on voie par sa correspondance que dans l'intervalle il avoit été *détrompé*, en lisant l'*Essai de chimie mécanique* (1), » d'une espèce de démonstration qu'il croyoit » avoir de l'impossibilité d'expliquer mécani» quement l'attraction (2). » Voici le passage où il fait cette objection : « En admettant » ... que ce fluide ne résistera qu'infiniment » peu ; de quel usage peut-il être pour en » déduire la cause de la pesanteur ?.... Un » tel fluide n'est capable que d'une action in» finiment petite (3). » Il seroit facile de multiplier les citations de ce genre, et il en résulte que l'objection tirée de la résistance du fluide gravifique est une de celles qu'il importoit le plus de prévenir.

---

(1) *Essai de chimie mécanique*, par G. L. LE SAGE, imprimé, mais non publié.

(2) *Notice de de la vie et des écrits de G. L. Le Sage*, p. 467.

(3) MONTUCLA, *Hist. des mathém.*, t. 2, p. 250 de la première édition, et p. 232 de la seconde.

CHAPITRE II.

De la rencontre mutuelle des corpuscules ultramondains.

ARTICLE 1.

Exposition générale de l'objection et des réponses.

§. 75. Si les corpuscules du fluide gravifique se rencontrent, on peut craindre que, retardant mutuellement leurs mouvemens, ils ne finissent par devenir sensiblement ralentis, d'où résulteroit une diminution sensible de la force de pesanteur et de celle d'attraction neutonienne; par-là même la résistance au mouvement des planètes auroit un rapport croissant avec la gravité, et l'objection précédente reprendroit une nouvelle valeur.

§. 76. La première réponse consiste à diminuer le volume des corpuscules. Tous les corpuscules, à l'exception d'un seul, ou d'un seul courant, étant tous en repos, et leurs positions étant données, ce qui détermine leurs dis-

tances mutuelles ; on pourra déterminer leur grosseur, de façon que la somme des demi-diamètres de chacun d'entr'eux avec le corpuscule en mouvement, soit à cette distance dans un rapport aussi petit que l'on voudra; or, la probabilité de leur rencontre mutuelle est égale à ce rapport, ou à une fonction finie de ce rapport : donc, cette probabilité peut être rendue aussi petite qu'on le veut.

Et afin de rendre cette conception plus sensible, imaginez un grand nombre de baguettes ou cylindriques ou prismatiques quelconques, entassées selon autant de différens diamètres que vous présumez qu'il y en a dans les files en question (1); concevez que ces baguettes sont autant de tuyaux : faites mouvoir dans chacun de ces tuyaux, exactement selon sa direction, et avec des vitesses égales, des corpuscules de la forme qu'il vous plaira, et aussi voisins les uns des autres qu'il vous plaira, en leur prêtant même, si vous le voulez, des rotations, pourvu que ces rotations ne produisent pas des chocs contre les parois du tuyau ;

---

(1) Pour soulager votre imagination, vous n'avez qu'à remplir confusément un chapeau d'aiguilles à tricoter, ou même d'allumettes.

anéantissez ensuite ces tuyaux en laissant subsister les corpuscules.

§. 77. La seconde réponse tend à faire remarquer une compensation qui peut diminuer l'effet total des rencontres, et par conséquent tendre à affoiblir l'objection : il y a quelques cas où le choc oblique de deux corps durs augmente la quantité de mouvement absolu(1).

§. 78. On pourroit faire une troisième réponse, qui tendroit à accorder quelque chose à l'objection, en éloignant l'effet autant qu'il seroit nécessaire pour qu'il n'eût aucune conséquence sensible dans tous les temps où l'univers doit exister.

ARTICLE 2.

Quelques détails et remarques particulières.

§. 79. *Théorème.* En rendant le diamètre des corpuscules cent fois moindre, et leur vitesse 1000 fois plus grande, on rend 10000 fois

---

(1) Ceci ne contredit en rien la loi commune, qui porte que la quantité de mouvement est la même avant et après le choc; puisque dans cette loi il n'est question que de la quantité de mouvement relative à une même direction.

moindre le nombre de ceux qui sont rencontrés dans un trajet de longueur donnée, sans affoiblir la gravitation ni les autres effets utiles des corpuscules.

Démonstration. 1.° Il est évident, par la seconde proposition du XII.° Livre d'EUCLIDE, qu'un diamètre 100 fois moindre donne un disque 10000 fois moindre : de sorte que la somme des disques en devient 10000 fois moindre, etc.

2.° Il est évident, par la dernière proposition du XII.° Livre d'EUCLIDE, qu'un diamètre 100 fois moindre donne une masse 1,000 000 de fois moindre, ce qui rendroit la gravitation un million de fois moindre à un égard ; mais une vitesse 1000 fois plus grande rend les impulsions 1000 fois plus nombreuses dans un temps donné, et outre cela chacune 1000 fois plus forte, ce qui rendroit la gravitation un million de fois plus grande à un autre égard : Donc, etc. (1).

§. 80. *Problème*. Diminuer la rencontre mu-

(1) Remarquez que la vitesse accrue n'augmente pas le rapport des corpuscules rencontrés à tous les corpuscules, quoiqu'elle en augmente le nombre absolu. Or, c'est ce rapport qu'il s'agit ici d'apprécier.

tuelle des corpuscules selon un rapport proposé, sans altérer la gravitation.

Solution. Diminuez les diamètres en raison doublée de ce rapport, et augmentez les vitesses en raison triplée.

§. 81. *Théorème 2*. La somme des mouvemens des corpuscules ultramondains, qui se sont rencontrés, peut bien être censée les deux tiers de la somme de leurs mouvemens avant ces rencontres.

§. 82. *Résultats de la considération d'un cas où le choc augmente la quantité de mouvement.*

Soit un courant de corpuscules isolés, égaux et équivéloces, qui se meut à travers un espace uniformément parsemé de corpuscules en repos et égaux aux premiers. Que chacun des corpuscules du courant rencontre une seule fois quelqu'un des corpuscules en repos, et soit aussi choqué une seule fois par quelqu'un des corpuscules du courant.

1.° La somme des mouvemens de tous les corpuscules choquans avant aucun choc, est à la somme de leurs mouvemens après tous les chocs, dans le rapport de 9 à 7.

2.° La somme des mouvemens de tous les corpuscules choquans avant aucun choc, est à la somme des mouvemens de tous les corpuscules choqués après les chocs, dans le rapport de 9 à 3.

3.° La somme des mouvemens de tous les corpuscules choquans avant aucun choc, est à la somme des mouvemens absolus de tous les corpuscules, tant choquans que choqués, après tous les chocs, dans le rapport de 9 à 10.

§. 83. *Réflexions détachées sur les suites de la rencontre mutuelle d'un grand nombre de boules dures, mues indistinctement en tout sens.*

a) Quand deux de ces boules se rencontrent de façon que les portions directes de leurs mouvemens (c'est-à-dire, celles qui sont perpendiculaires au plan de contact) soient égales et contraires; chacune d'entr'elles se trouve, après le choc, dans le même cas que si elle avoit heurté une masse dure et immobile (ou comme infinie et en repos). En classant donc ensemble, ou toutes celles à qui pareille rencontre arrive ou seulement celles d'entre elles qui sont égales, on pourra dire que la

somme de leurs mouvemens (ou de leurs vitesses) après le choc, est les deux tiers de la somme de leurs mouvemens (ou de leurs vitesses) avant le choc.

b) Mais dans toutes les rencontres où les portions des deux mouvemens sont inégales, il reste après le choc, outre les mouvemens parallèles (c'est-à-dire selon le plan du contact), une partie des mouvemens perpendiculaires (directs ou rétrogrades, n'importe); lesquels, se combinant avec les premiers, produisent des mouvemens composés, tous plus grands (un à un) que dans les rencontres du cas précédent (*a*). La somme donc des mouvemens, après le choc, sera toujours plus grande que dans le cas précédent; et, par conséquent, plus grande que les deux tiers de la somme des mouvemens avant le choc.

c) Et comme il y a beaucoup de cas particuliers où la somme des mouvemens absolus est augmentée, il pourroit se faire que la somme totale de tous fût aussi grande qu'elle étoit avant le choc, même en tenant compte des cas où, comme dans le premier (*a*), les sommes subalternes ne sont que les deux tiers de ce qu'elles étoient avant le choc.

d) Mais si, comme je le crois, il y a (à

tout prendre) plus de diminutions que d'augmentations; de sorte que, au bout d'un certain temps, la vitesse moyenne soit diminuée suivant un certain rapport, de 10 à 9 par exemple; alors, au bout des $10:9^{mes}$ de ce temps-là, ces $9:10^{mes}$ seront réduits à leurs $9:10^{mes}$, c'est-à-dire aux $(9:10)^2$ de la vitesse originaire; et au bout des $10:9^{mes}$ de ce second temps, ou des $(10:9)^2$ du premier, la vitesse moyenne sera les $(9:10)^3$ de la vitesse originaire, etc. En un mot, au bout d'un m^{me} temps, qui sera les $(10:9)^{m-1}$ du premier, la vitesse moyenne sera les $(10:9)^m$ de la vitesse originaire : or, ces m premiers temps ensemble, sont $10(10:9)^{m-1}-9$.

e) Problème. Ayant deux courans opposés de globules, durs, égaux, équivéloces, et conséquemment équidenses; si l'on vient à y entremêler deux autres courans parallèles à ces premiers, numériquement équidenses l'un à l'autre, et équivéloces l'un à l'autre, qu'arrivera-t-il à ces premiers ?

1.er cas. Savoir, celui où la vitesse de ces derniers courans est supérieure, mais comparable à celle des premiers; et où la quantité de mouvement de chacun de leurs corpuscules est moindre que la quantité de mouvement

de chaque corpuscule des premiers courans.

Réponse. Il y aura un plus grand nombre des premiers corpuscules qui seront ralentis, qu'il n'y en aura d'accélérés. Ces ralentissemens seront plus considérables que ces accélérations; mais aucun d'eux ne deviendra rétrograde.

2.d *cas.* Savoir, celui où la vitesse des seconds courans sera incomparablement plus grande que celle des premiers, mais où la quantité de mouvement de chacun des corpuscules sera cependant moindre dans les seconds que dans les premiers.

Réponse. Il y aura sensiblement autant de ralentissemens que d'accélérations, et ceux-là seront sensiblement aussi grands que celles-ci; mais il ne naîtra point de rétrogradations.

3.e *cas.* Savoir, celui où la vitesse des seconds sera incomparablement plus grande aussi que celle des premiers, et où les mouvemens seront plus grands que ceux des premiers.

Réponse. Si l'on compte les rétrogradations par des quantités négatives, il en sera de ce cas comme du précédent; c'est-à-dire, qu'à tout prendre, il n'y aura ni augmentation ni diminution de mouvement; mais si on les compte pour des quantités positives, il y aura augmentation de la somme des mouvemens, savoir, du double de ces rétrogradations.

N. B. J'aurois peut-être dû mentionner un cas plus évident que ceux-là ; savoir, celui où la vitesse des seconds courans est inférieure à celle des premiers, et où par conséquent il y a des ralentissemens et point d'accélérations.

f) Théorème. Quand des corpuscules isolés, agités indistinctement en tout sens, reçoivent chacun une nouvelle impulsion, qui pour chacun est égale à celle qu'il a, par des causes dirigées indistinctement en tout sens ; la somme de leurs mouvemens est augmentée, vu que les trois-quarts des vitesses composées sont plus grandes que les vitesses originaires, tandis qu'il n'y en a que le quart qui soient moindres.

Démonstration. Suivant que les nouvelles impulsions composantes font avec les directions originaires un angle moindre ou plus grand que 120 degrés, la vitesse composée est plus grande ou moindre que la vitesse primitive : or, si l'on coupe une surface sphérique en deux calottes telles que les rayons menés au bord de la section fassent un angle de 120 degrés avec l'axe ; la grande calotte sera triple de la petite : Donc, etc.

CHAPITRE III.

Objection tirée de la loi des masses.

§. 84. On objecte, que, si l'impulsion produit la gravité, elle doit être proportionnelle aux surfaces, et non aux masses.

Réponse. 1.° On a vu, au contraire, que pour les grands corps, la loi des masses s'explique autant qu'il est nécessaire pour satisfaire aux phénomènes observés : tout consiste à donner aux corps une grande perméabilité.

2.° Quant aux premiers élémens, comme aucune expérience n'atteste la rigoureuse exactitude de la loi, on n'est pas tenu de la supposer.

En outre, il se pourroit que les parties solides de ces élémens fussent du nombre de ces solides chez lesquels la solidité est en même proportion que la surface.

CHAPITRE IV.

Remarque relative aux objections discutées dans les trois chapitres précédens.

§. 85. C'EST à ces *trois seules difficultés* que se réduisent toutes celles qui sont véritablement plausibles (1). Toutes les autres objections imaginables partiroient de certaines *régularités* ou *irrégularités* de détail, lesquelles n'ont point été observées légitimement, mais présumées gratuitement; et dont, par conséquent, on ne doit tenir aucun compte: ou elles partiroient des principes de quelque secte *métaphysique* particulière; et avant que d'y répondre, je prierois ces métaphysiciens de s'accorder premièrement avec les autres sectes: ou enfin elles s'adresseroient à l'*imagination* plutôt qu'à l'entendement, en l'effa-

(1) C'est ce que prouve l'auteur par des exclusions régulières, dans son *Lucrèce neutonien*, §. 25; opuscule imprimé dans les *Mémoires de Berlin* pour 1782, et réimprimé à la suite de la *Notice de la vie et des écrits de G. L. Le Sage*. (*Note de l'éditeur.*)

rouchant par ce que ce système renferme d'*extrême, d'étrange, d'inoui;* comme si c'étoit d'après nos mesures grossières et bornées, qu'il fallût évaluer la subtilité et la grandeur de la nature (1).

---

(1) Malgré cette exclusion donnée en masse aux difficultés de ce genre, l'auteur tenoit beaucoup à la discussion de chacune des objections en particulier. C'est ce qui nous engagera à continuer ce sujet.

(*Note de l'éditeur.*)

CHAPITRE V.

Autres objections.

ARTICLE 1.

Sur l'entassement des corpuscules.

§. 86. On objecte que les corpuscules ultramondains devroient s'entasser autour des graves, et en obstruer les pores.

Réponse. La réponse a été faite dans le chapitre sur le retour des corpuscules; puisqu'il n'arrive jamais qu'un corpuscule soit arrêté, il ne peut jamais arriver que les corpuscules s'entassent; ils échappent tous après le choc avec des vitesses diminuées, dont la moyenne est les 2:3 de celles qu'ils avoient à leur arrivée (1).

(1) Avant d'avoir vu cela, l'auteur s'appliquoit à tirer des déterminations de la petitesse des corpuscules de ce phénomène certain, que l'entassement ne cause aucune obstruction. Cette partie de son travail paroît maintenant devoir être supprimée, quoiqu'elle ait donné lieu à des développemens de calcul ingénieux. (*Note de l'éditeur.*)

ARTICLE 2.

Liste des principales objections qu'on a faites, ou qu'on pourroit faire, contre mes corpuscules ultramondains; distribuées en objections métaphysiques, physico-métaphysiques et physiques (1).

1.re *Obj. mét.* Dépense de matière.

Réponses. 1.° Elle économise une loi.

2.° Elle est aussi petite qu'on veut.

3.° La nature fait beaucoup de telles dépenses.

4.° Si Dieu a prévu les positions où se trouveroient les corps même qui seroient déplacés par des êtres libres, il aura pu supprimer tous

---

(1) L'auteur mettoit, ainsi que nous venons de dire, beaucoup d'importance à la discussion de toutes les objections, entr'autres de quelques objections métaphysiques que l'on croit devoir se contenter d'indiquer ici. Il y a dans ses papiers d'abondans matériaux pour y répondre, si elles viennent à s'élever à la suite de cette publication. — Nous avons cru en attendant devoir publier cette simple liste indicative des objections et des réponses, à peu près telle que nous la trouvons rédigée dans une note extraite de ses leçons en juin 1769. (*Note de l'éditeur.*)

les corpuscules qui ne devoient rencontrer aucune particule solide.

Instance. 1.° La seconde solution substitue à la dépense de matière une dépense de vitesse.

2.° Elle substitue une dépense d'espace.

Répliques. 1.° La vitesse n'est qu'un mode.

2.° L'espace, quand il est utile, entre peu dans l'économie de la nature.

2.de *Obj. mét.* Dépense d'espace.

Réponses. 1.° La nature fait beaucoup de telles dépenses, *ut suprà.*

2.° Cette étendue des courans, destinés à notre monde visible seul, n'empêcheroit pas qu'il ne pût y avoir une infinité du troisième ordre, de pareils mondes, entourés de pareils courans.

3.° L'auteur de la nature pouvoit les faire aussi petits qu'il vouloit.

Je puis ajouter 4.° que ces courans de divers mondes peuvent s'enchâsser sans se croiser; etc.

3.° *Obj. mét.* La pesanteur est, comme la dureté des élémens, une espèce d'attraction. Or, cette dureté n'a et ne peut avoir aucune cause mécanique. Donc, on en doit penser autant de la pesanteur par analogie.

Réponses. 1.° Cette analogie est plus foible

que celle de la pesanteur avec la dureté des composés (qui a lieu, comme elle, entre les corps déjà divisés; qui est finie, comme elle; et qui est variable, comme elle). Or, celle-ci reconnoît certainement des causes mécaniques. Donc, la pesanteur doit en reconnoître aussi. D'ailleurs, quant à la grosseur des corps évidemment soumis à ces trois forces, il est plus naturel de comparer l'une des extrêmes avec la moyenne qu'avec l'autre extrême.

2.° Ce que le Créateur a fait un, la créature ne peut le rendre multiple.

3.° Les parties, ou divisions, n'existent pas dans une chose non-partagée, ou indivisible.

4.° De ce qu'une cause explique un phénomène, il ne s'ensuit pas qu'elle soit obligée d'expliquer un phénomène d'un autre genre.

1.re *Obj. phys.* Si les particules imperméables du fluide gravifique avoient des dimensions fort inégales; et si, dans un même grave, la plupart de ces particules avoient les principales dimensions parallèles à un seul et même plan, pendant que leurs moindres dimensions seroient parallèles à un seul autre plan; ce grave peseroit sensiblement davantage, quand ce premier plan seroit disposé horizontalement, que quand ce seroit le second plan. Or, un même grave ne

pèse pas sensiblement davantage dans une position que dans une autre ; donc, ce n'est pas un fluide qui produit la pesanteur.

Réponse. Ou bien, l'une de vos suppositions n'a pas lieu.

Instance. Sels et cristaux.

Réponses. 1.° On ne les a pas décomposés bien loin ; de sorte que l'analogie qu'on voudroit former entre leurs parties sensibles et leurs particules imperméables au fluide gravifique, est un peu précipitée.

2.° Quand les acides de deux sels neutres changent leurs bases, ces sels revêtent une troisième et une quatrième forme. Donc, ces formes dépendent du concours de l'acide et de la base. Or, ce concours a lieu entre des particules assez grossières, et vraisemblablement beaucoup plus grossières que celles qui sont imperméables au fluide gravifique. Donc, celles-ci n'ont point la forme régulière sur laquelle porte l'objection ou l'instance.

2.de *Obj. phys.* Si les particules imperméables au fluide gravifique, qui composent deux genres différens, sont égales extérieurement, mais que les unes aient sensiblement plus que les autres des pores inaccessibles à ce fluide ; les poids de ces graves seront sensiblement dis-

proportionnés à leurs masses. Or, cette disproportion n'a pas été observée. Donc, il n'y a point de fluide gravifique.

Réponse. Ou bien votre propre supposition étoit hasardée.

Je pourrois aussi répondre 2.° que les pores étant destinés au passage de quelque fluide, et n'y ayant vraisemblablement aucun fluide plus subtil que le fluide gavifique, il n'y avoit pas apparence que les particules qui lui étoient imperméables fussent poreuses.

3.me *Obj. phys.* On peut comparer les corpuscules gravifiques avec la lumière selon le système de l'émission; et par conséquent, la gravité, qui est l'effet de leur interception, avec l'ombre qui est l'effet de l'interception de la lumière. Or, l'ombre d'un corps opaque, moindre que le corps lucide, se borne à une certaine distance. Donc aussi, la gravité devroit cesser à une certaine distance.

Réponse. La comparaison n'est juste qu'autant que le corps lucide seroit une voûte sphérique qui environneroit entièrement le corps opaque; alors il n'y auroit plusd'*ombre*, mais seulement une sorte de *penombre*, qui s'étendroit sans bornes à la ronde à une certaine distance en s'affoiblissant en raison inverse doublée des distances.

4.me *Obj. phys.* Les chocs non-efficaces, c'est-à-dire, dont les effets se détruisent mutuellement, devroient troubler l'effet des chocs efficaces, c'est-à-dire, de ceux qui sont destitués d'antagonistes; de la même façon qu'une raison géométrique est altérée quand on ajoute à chacun de ses termes quelques quantités égales.

Réponse. La gravité est l'effet, non du rapport *géométrique* des chocs opposés, mais de leur rapport *arithmétique*, c'est-à-dire, de leur différence. Or, un rapport arithmétique n'est point altéré quand il arrive à ses termes d'égales additions.

P. S. Il faut se défier de la comparaison implicite avec une balance (où effectivement le frottement augmente par l'addition de poids égaux), parce que dans les cieux il n'y a point de frottement.

5.me *Obj. phys.* L'accélération de la chute ne devroit pas être uniforme.

Réponses. 1.° Quant aux expériences faites sur la chute des graves d'une manière directe, elles ne portent pas sur des temps plus longs que 4 secondes, qui répondent à 16 fois 15 pieds 1 pouce; au bout desquelles la vitesse acquise est de 20 toises par seconde. Or (à

cause des trois résistances de l'air, à cause de la force employée à produire des rotations, à cause de la brièveté du temps, etc.), on ne peut pas s'assurer de la vraie quantité de cette vitesse à $1:8^{me}$ ou $1:9^{me}$ près. Lors même donc que les dernières accélérations auroient été plus foibles que les premières de $1:8^{me}$ ou de $1:9^{me}$ partie, on n'auroit pas pu s'en assurer. Il suffit donc que le fluide qui les produit se meuve 8 à 9 fois plus vite que de 20 toises par seconde, c'est-à-dire, aussi vite que le son, pour qu'on ne puisse pas s'apercevoir ici-bas d'une diminution dans l'accélération des graves (1).

2.° J'ai fait voir ci-dessus (2), que si le fluide gravifique se mouvoit seulement trois fois aussi vite que le son, c'est-à-dire, aussi vite que la lune se meut dans son orbite ; on n'apercevroit point d'affoiblissement dans les effets des accélérations d'un grand pendule, comparés aux effets des accélérations d'un petit.

3.° Il me seroit aisé de faire voir de même

(1) Il devient superflu de répéter que G. L. Le Sage a écrit il y a assez long-temps, et n'a pu parler (dans ces notes) d'inventions plus récentes, telles que la machine d'Atwood, etc. (*Note de l'éditeur.*)

(2) Chap. II, art. 2, du livre I, (§. 17.).

que, pourvu que le fluide gravifique se mût mille fois plus vite que la terre ne se meut dans son orbite, c'est-à-dire, dix fois moins vite que la lumière, on n'apercevroit point de différence entre les deux branches de l'orbite de la comète de 1680, ni, à plus forte raison, entre les deux ou les quatre branches d'aucune autre orbite céleste.

Or, je ne m'engage d'expliquer que les phénomènes observés, ou tout au plus les phénomènes *observables*, et point du tout des phénomènes imaginés d'après des idées métaphysiques de régularité (telles que celles qui persuadèrent aux anciens astronomes, que les corps célestes se mouvoient dans des cercles et avec une vitesse uniforme); idées que la nature désavoue tôt ou tard.

En un mot, si la masse frappante est assez petite, pour être censée avoir communiqué à la masse frappée *sensiblement* tout son mouvement respectif (car ce qui lui en reste est à ce qu'elle en donne, en raison de leurs masses); et si la vitesse respective est assez supérieure aux vitesses que possède déjà le corps frappé, pour que celles-ci puissent être *sensiblement* nulles à son égard; les impulsions accélératrices seront *sensiblement* égales, et le corps frappé

observera *sensiblement* les lois de l'accélération uniforme.

Jamais on n'a objecté sérieusement contre la parabole de GALILÉE, que les directions de la pesanteur n'étoient pas rigoureusement parallèles; et depuis la découverte qu'a faite M. NEWTON de la dégradation de cette pesanteur, on n'en a pas moins cru non plus à la même théorie de l'accélération uniforme.

Mais je démontrerai la chose plus scientifiquement dans un ouvrage que je prépare sur les principaux agens naturels (1). J'y cherche quelle seroit la loi des vitesses quand l'accélération seroit proportionnelle à une vitesse constante diminuée de la vitesse acquise. Et je trouve que, quand l'élément du temps est pris constant, ces vitesses sont les ordonnées à la concavité d'une logarithmique, où l'on a pris pour axe des abscisses qui représentent les temps, une parallèle à l'asymptote, dont la distance à cette asymptote exprime la vitesse des corpuscules; et que les espaces sont les triangles mixtilignes renfermés entre l'abscisse,

(1) Ceci est extrait d'une lettre écrite par l'auteur le 31 décembre 1752, et adressée à M. SIGORGNE.

(*Note de l'éditeur.*)

l'ordonnée et l'arc : de sorte que, quand l'ordonnée est imperceptible relativement à la droite qui exprime la vitesse constante ; ce triangle mixtiligne se confond sensiblement avec le triangle rectiligne de GALILÉE. J'en donne plusieurs exemples, calculés soigneusement, à l'aide des logarithmes hyperboliques (car je fais la sous-tangente égale à l'unité).

Voici le résultat d'un de ces calculs :

Quand on compare deux espaces parcourus par un grave, depuis le commencement de sa chute, et que les vitesses acquises à la fin de ces espaces sont l'une la $1:101^{me}$ partie et l'autre la $1:51^{me}$ de la vitesse verticale absolue des corpuscules gravifiques ; il suffit de diminuer le plus petit de ces espaces de la $1:380^{me}$ partie de lui-même, pour qu'ils deviennent proportionnels aux carrés des temps employés à les parcourir ; inégalité qui a dû échapper à GALILÉE et à tous ceux qui ont répété ses expériences. Et cependant cela ne suppose pas, dans les corpuscules gravifiques, une vitesse bien considérable, mais seulement de 734 toises par seconde, par exemple, si les espaces en question sont 380 pouces et 1501 pouces.

4.me *Obj. mét.* Les corpuscules ultramondains ne satisfont aux lois de la gravité qu'avec

de petites altérations qui, quoiqu'elles soient imperceptibles, n'en sont pas moins réelles.

Réponse. Voyez mon projet de réponse à M. Melvil (1).

6.me *Obj. phys.* La lumière éclaire et dissout sans déplacer; la gravité déplace sans éclairer ni dissoudre. Donc l'agent de la gravité ne ressemble pas à l'agent de la lumière.

Réponse. Les corpuscules gravifiques, étant plus subtils, plus uniformément distribués, et plus rapides, que ne le sont les particules de la lumière, doivent produire des effets différens.

7.me *Obj. phys.* Amas des corpuscules à la surface des corps.

Réponses. Ils reviennent presque tous. (*Voy. liv. I, chap. VI*, §. 47.)

8.me *Obj. phys.* Évagation de la lumière des fixes.

---

(1) Ce projet de lettre auquel renvoie ici l'auteur n'a pas été retrouvé; et l'objection n'est pas de nature peut-être à nécessiter une réponse. — Si elle venoit à s'élever de nouveau et à provoquer la discussion, nous ferions une recherche plus exacte et nous trouverions dans nos papiers, ou tout au moins dans le fond du sujet, de quoi suppléer à cette omission.

(*Note de l'éditeur.*)

Réponses (1).

5.me *Obj. mét.* Il est inutile de donner une cause mécanique à la pesanteur, puisqu'il suffisoit que le Créateur en eût fait une loi.

Réponse. Cette objection prouve trop ; car cela pourroit se dire de toutes les causes secondes ; par exemple, de la lumière.

6.me *Obj. mét.* La longueur des courans est *finie.* Donc, la durée de la gravité seroit *finie* aussi, et par conséquent la durée du monde.

Réponse. Concedo ; mais pourvu que cet obstacle ne contribue pas à faire finir le monde plus promptement qu'il n'auroit fini sans lui, il doit être considéré comme nul.

9.me *Obj. phys.* Les impressions de la pesanteur paroissent se succéder sans interruption ; au lieu que des corpuscules discontinus produisent une pesanteur discontinue.

Réponse. Nos sensations paroissent continues, quoique leurs causes ne le soient pas ; telles sont les oscillations des corps sonores, et la blancheur.

Instance. On ne voit point les oscillations d'une balance.

---

(1) Ici l'auteur renvoie à une lettre, dans la copie de laquelle nous n'avons trouvé qu'une indication sans aucun développement. (*Note de l'éditeur.*)

Réponse. 1.° Cette instance prouve trop; car même si la pesanteur étoit continue, il y auroit d'autres sources d'oscillation qu'on ne voit cependant pas; telle est l'agitation de l'air, ne fût-ce qu'à cause du bruit.

2.° Même si la pesanteur étoit continue, il y auroit des causes qui feroient pencher la balance; ce qu'on ne voit cependant pas arriver : telles seroient l'inégalité inévitable des bras, celle des bassins, et celle des poids, le dernier attouchement de la main.

3.° Le premier frottement qui se fait au point de suspension, et la première résistance de l'air, préviennent les oscillations dont la cause est au-dessous d'un certain degré de force.

10.me *Obj. phys.* La pesanteur devroit être moindre sous les voûtes et sous la voie lactée.

Réponse. Oui : à raison de leur surface apparente vue depuis le corps pesé, à raison de leur épaisseur verticale absolue, et à raison de leur densité moyenne. Mais, 1.° la seconde ou la troisième de ces quantités sont imperceptibles, en comparaison de celles du globe terrestre; 2.° l'objection porte également contre tous autres partisans de la gravité universelle :

——— quos
Defendit numerus junctæque umbone phalanges.

11.me *Obj. phys.* Nous ne sentons pas le passage de ces corpuscules autour de notre corps.

Réponses. 1.° La plupart d'entr'eux passent par nos pores, les autres produisent le poids de nos membres, que nous éprouvons en gros et confusément. Une sensation détaillée et distincte ne pouvant avoir lieu que quand sa cause est capable d'ébranler des fibres entières de nos nerfs, séparément les uns des autres.

2.° Nous ne sentons pas même le passage de quelques fluides plus grossiers, dont cependant l'existence est bien prouvée; tels que sont la lumière, l'air subtil, le fluide électrique et le fluide magnétique.

12.me *Obj. phys.* Au commencement du monde, aucun corpuscule n'en revenoit, ensuite il en revint quelques-uns; ensuite, d'avantage; et ainsi toujours en augmentant. Or, on n'a pas observé plus d'affoiblissement parmi les effets que j'attribue aux corpuscules ultramondains, dans les derniers temps, que dans les temps anciens.

Réponses. 1.° Je puis diminuer ces différences d'affoiblissemens par les mêmes expédiens dont je me sers pour diminuer les affoiblissemens eux-mêmes.

2.° Et avec d'autant plus de succès, que l'intervalle des observations est moindre que la durée totale du monde.

3.° Peut-être le Créateur y aura pourvu, par une augmentation graduelle de densité ou de rapidité.

13.me *Obj. phys.* Sur l'inégalité de la distribution des corpuscules.

Réponses. 1.° Sans doute le Créateur y aura mis autant d'uniformité que cela étoit nécessaire pour le cours ordinaire de la nature.

2.° Compensations.

3.° On ne fait pas de pareilles objections contre la lumière, l'air et l'eau, que les opticiens, aéromètres et hydrostaticiens supposent tacitement être parfaitement homogènes.

LIVRE III.

DES FLUIDES ÉLASTIQUES OU EXPANSIFS.

§. 88. L'OBJET de ce livre est principalement d'expliquer l'élasticité des fluides, qu'on appelleroit avec plus de propriété expansion ou *expansibilité*. Ce grand phénomène semble se réduire à une seule loi, connue sous le nom de loi de BOYLE ou de MARIOTTE, et dont voici l'énoncé : ***Dans un même fluide l'élasticité est proportionnelle à la densité.***

Il semble donc que celui qui entreprend l'explication des phénomènes de l'élasticité des fluides doit s'appliquer surtout, et presque exclusivement, à expliquer cette loi. Cependant, dans cette branche de la physique, on rencontre quelques phénomènes anomales, dont il est à désirer que l'on puisse rendre compte. D'ailleurs on verra se ranger sous la classe des fluides élastiques diverses substances auxquelles on n'a pas coutume de donner ce nom.

CHAPITRE PREMIER.

Explication de la loi de MARIOTTE.

ARTICLE 1.

Constitution des fluides élastiques.

§. 89. LES particules d'un fluide élastique sont solides, et non élastiques; la moyenne distance mutuelle des plus voisines est beaucoup plus grande que leur diamètre; chacune d'elles est agitée d'un mouvement progressif très-rapide, dont les directions sont tellement variées qu'il en existe dans tous les sens. Quand ce mouvement a été détruit ou affoibli par la rencontre d'une autre particule, ou de quelque corps grossier, il se renouvelle promptement au même degré : et la cause de ce renouvellement est l'inégalité de l'impulsion des corpuscules ultramondains sur les faces opposées d'une même particule. Enfin cette inégalité provient de deux sources que je développerai ci-après.

ARTICLE 2.

Conséquence, loi de pression.

§. 90. Quand ces particules seront plus grandes qu'aucun des pores d'un corps exposé à leurs chocs; la somme de ces chocs sur une surface donnée pendant un temps donné, la vitesse des particules ne changeant point, suivra la ration triplée de leur moyenne distance mutuelle, c'est-à-dire, la raison directe de la densité du fluide.

Or, la petitesse de chaque choc, de chaque distance des chocs simultanés, de chaque intervalle de temps des chocs successifs, donne à leur somme l'apparence d'une pression continue.

Donc, on obtiendra un fluide expansible et coercible, dont la pression sera proportionnelle à sa densité; c'est-à-dire, de l'air : un fluide élastique susceptible d'être contenu dans des vases clos et soumis à nos expériences de pression, dans lesquelles se vérifiera la loi de MARIOTTE (1).

---

(1) Voyez au chap. IV, art. 6, §. 109, une déduction de cette proposition appliquée à la pression d'une atmosphère.

ARTICLE 3.

Remarque historique.

§. 91. On trouve des vestiges de cette opinion sur la nature de l'air, et même de quelques autres fluides, dans divers auteurs qui m'ont précédé : LUCRÈCE, livre II, vers 111-140. GASSENDI, dans la 1.re section de sa Physique, au milieu du 8.e chapitre du 4.e livre, et au commencement du 4.e chapitre du 6.e livre. BOYLE, dans ses Nouvelles Expériences physico-mécaniques sur la force élastique de l'air et sur ses effets, ainsi que dans son Traité sur la fluidité et la dureté. PARENT, dans l'Histoire de l'Académie des Sciences de Paris, pour 1708, à la suite des Variations observées dans la règle de MARIOTTE sur la dilatation de l'air. Phoronomie de HERMAN, liv. II, chap. 6. DAN. BERNOULLI, dans la 10.e section de son Hydrodynamique. Enfin DAN. et JEAN BERNOULLI, dans une des pièces qui ont eu part au prix de l'Acad. des Sc. de Paris, en 1746.

Mais aucun de ces auteurs n'est entré dans le moindre détail, ni sur l'origine du fluide subtil qui produisoit cette agitation dans les

fluides élastiques, ni sur la manière dont il produisoit cette agitation. Au lieu que la source des mouvemens des corpuscules ultramondains est un ancien acte de la volonté du Créateur, pareil à celui qui a une fois mû les planètes; et que je puis assigner deux manières différentes dont ces corpuscules produiront et entretiendront l'agitation des fluides élastiques : et je vais bientôt les développer.

La pleine connoissance que mes propres méditations m'ont acquise de cette théorie date du 1.er décembre 1759.

En février ou mars 1761, je tombai par hasard sur la table de l'Hydrodynamique de DAN. BERNOULLI; j'y vis que la 10.e section traitoit des fluides élastiques : quoique prévenu qu'il les traiteroit dans l'hypothèse de la répulsion, j'allai consulter cette section. J'y vis avec surprise, qu'il traitoit ces fluides comme moi. Cela me confirma dans mon opinion. Je lui écrivis, pour m'assurer s'il n'en avoit point changé; et il me répondit que non; ce qui m'encouragea encore plus.

CHAPITRE II.

Première cause de l'agitation des particules.

§. 92. Si les particules d'un fluide discret sont si petites, que les coups qu'une particule reçoit sur une de ses faces, pendant un certain tempuscule, diffèrent ordinairement de ceux qui frappent la face opposée ; et si cette différence est telle, qu'elle produise dans la particule, avant un nouveau choc, un certain mouvement; par exemple, si pendant ce petit temps, en vertu de cette différence d'impulsions, elle parcourt un espace plus grand que la distance moyenne des particules voisines ; ce fluide manifestera toutes les propriétés d'un fluide élastique.

Or, il est naturel de croire que de tels fluides peuvent exister : car les corpuscules ultramondains ne peuvent atteindre une particule solide précisément au même instant indivisible. Mais il est aisé de voir que les fluides ainsi constitués, s'ils existent, ne peuvent être que les plus subtils, c'est-à-dire, ceux dont les particules sont très-peu massives.

CHAPITRE III.

Seconde cause de l'agitation des particules.

ARTICLE I.

De l'effet du choc des corpuscules sur un corps entièrement convexe.

§. 93. Pour qu'il y ait agitation dans les particules, il faut que chacune d'elles soit inégalement frappée en deux sens opposés. On pourroit, au premier coup-d'œil, être tenté de croire que dans une particule solide, toute terminée par des angles saillans ou par des convexités, la figure diverse des faces opposées pourroit rendre inégaux les chocs des courans opposés. Mais on démontre aisément que, *quelle que soit la forme d'une particule convexe, imperméable, aux corpuscules ultramondains agités uniformément en tout sens; elle doit rester en équilibre.* Et cela résulte de ce que l'inégale obliquité des surfaces est exactement compensée par leur étendue.

Pour bien établir cette démonstration, on doit préalablement concevoir le solide divisé en petits prismes ou fibres parallèles à une même direction et qui s'étendent d'une face à l'autre.

Ainsi, à l'exception de la première cause mentionnée au chapitre précédent, il n'y a aucune agitation produite par le choc des corpuscules dans un fluide composé d'élémens entièrement convexes, soit que cette convexité résulte de la rencontre des faces planes, soit qu'elle soit formée par une ou plusieurs surfaces courbes.

ARTICLE 2.

De l'effet de l'introduction de quelque concavité dans les particules.

§. 94. Un *creux*. Ce seul monosyllabe donne la clef des phénomènes dont nous avons entrepris l'analyse. En effet, il suffit qu'une particule ait sur sa surface une concavité, pour que les impulsions, qu'elle reçoit des corpuscules en sens opposés, deviennent presque toujours inégales; et par conséquent, pour qu'elle se meuve constamment selon l'une de ces directions.

§. 95. Quand il se trouve sur une particule quelque concavité, quelque angle rentrant, ou

seulement quelque arête rentrante, l'impression exercée sur quelques-uns de ces élémens de sa surface dépend en partie des autres élémens : 1.° en tant que ceux-ci empêchent ceux-là d'être exposés à un hémisphère entier de rayons impulsifs ; 2.° en tant que les uns renvoient aux autres (par roulement ou glissement) des corpuscules qui, sans cela, ne leur seroient pas parvenus et qui agissent ensuite à la façon des forces centrifuges.

§. 96. Ces deux effets semblent se compenser mutuellement. Mais, en y pensant un peu, on trouve qu'ils ne se compensent exactement que dans un petit nombre de cas; et qu'il y a même des formes très-simples, où l'inégalité d'impulsion est fort considérable ; de sorte que, lors même que le hasard seul y auroit présidé (fiction qu'on emploie quelquefois pour faire sentir combien peu une hypothèse est agencée avec artifice), il y auroit eu naturellement dans le monde beaucoup de particules fort agitées et, par conséquent, plusieurs fluides expansifs.

§. 97. Voici quelques formes propres à favoriser inégalement, selon deux directions opposées, l'accumulation des corpuscules, ou la durée de leur impression, ou la répétition de leur choc. (*Voyez la fig. 3.*)

ARTICLE 3.

Quelques détails et propositions particulières.

§. 98. *Théorème.* Quand un corps non-élastique glisse dans la concavité d'un arc de cercle ; la somme des pressions qu'il exerce contre le corps auquel cet arc appartient, selon une direction quelconque située dans le plan de ce cercle, est à l'impulsion qu'il exerceroit contre une surface qu'il rencontreroit perpendiculairement : comme une droite perpendiculaire à cette direction, menée depuis l'une des extrémités de l'arc, jusqu'à la rencontre d'une droite parallèle à cette direction, menée depuis l'autre extrémité, est au rayon.

Démonstration. Par la théorie des forces centrifuges, on sait que la somme des pressions perpendiculaires à l'arc même, est à l'impulsion directe; comme l'arc est au rayon. Et, par une figure aisée à suppléer, on voit, que chaque pression élémentaire, selon une direction donnée, est à la pression élémentaire perpendiculaire à l'arc ; comme la petite perpendiculaire à la direction est à l'élément de l'arc. De sorte que la somme de ces premières pressions, est à la somme des dernières ; comme la

somme des petites perpendiculaires, est à l'arc. Donc, *ex æquo* : la somme des pressions, selon la direction donnée, est à l'impulsion directe; comme toute la perpendiculaire, est au rayon.

Corollaire. Si l'arc est un quart de circonférence et que la direction donnée soit celle d'un rayon mené à l'une de ses extrémités; la somme des pressions en question sera égale à l'impulsion directe.

Corollaire 2. Si cet arc est une demi-circonférence et que la direction donnée soit celle du rayon mené à son milieu; la somme des pressions, selon ce rayon, sera double de l'impulsion directe.

Remarque. Dans ce dernier cas donc, un corps non-élastique produiroit le même effet, que s'il étoit parfaitement élastique et que son choc fût direct.

§. 99. *Sur le rapport* qui règne entre l'action des corpuscules ultramondains contre la base d'un cylindre droit, lorsqu'elle est simplement plane; et leur action parallèlement à l'axe de ce cylindre, lorsque cette base est bordée d'une surface convexe, formée par la révolution d'un quart de cercle très-petit autour de cet axe (1).

---

(1) Trouvé le 22 août 1769. Envoyé à M. Lambert en abrégé le 28 août, et développé ici, ce 29 août.

a) Si tous les corpuscules qui glissent en roulant sur le fond plat de la base bordée, se mouvoient selon quelque diamètre de cette base ; de sorte qu'ils parcourussent ensuite la concavité du rebord, selon un quart de cercle; la somme de leurs pressions sur le cylindre, selon son axe, seroit égale à celle des chocs que des corpuscules aussi nombreux et aussi rapides, mais mus perpendiculairement à sa base, exerceroient sur lui. Or, leur vitesse moyenne est les deux tiers de la vitesse qu'avoient réellement les corpuscules avant le choc, et l'action des corpuscules sur la portion plane de la base étoit aussi les deux tiers de celle qu'ils auroient exercée s'ils se fussent tous mus perpendiculairement à elle. Donc, la somme des pressions dont j'ai parlé seroit *égale* à la somme des impulsions réellement causées sur le fond plat.

b) C'est comme si l'on substituoit à ce cylindre un parallélipipède rectangle, dont une des faces auroit un rebord, duquel la concavité seroit formée par le mouvement rectiligne d'un quart de cercle; et que les glissemens ou roulemens des corpuscules, sur le fond plat de cette face bordée, fussent perpendiculaires à l'un des côtés de cette face. Je me servirai même de cette fiction pour parvenir à démontrer plus

clairement ce que j'ai découvert sur l'objet de la présente recherche; et je supposerai que la face dont je viens de parler est un carré circonscriptible à la base du cylindre en question.

c) Mais le mouvement des corpuscules sur le fond plat de cette base circulaire, se faisant selon toutes sortes de *cordes* plus ou moins obliques à la circonférence ; et n'y ayant cependant que la portion perpendiculaire à cette circonférence qui produise (par la concavité du rebord) une pression propre à pousser le solide parallèlement à son axe (la portion selon la tangente de cette circonférence y étant entièrement inutile et ne subissant aucune altération), il faut diminuer toutes ces pressions en raison du sinus total, au sinus de l'obliquité de la corde à la circonférence; ce qui donne la *raison du diamètre à la corde.*

d) D'un autre côté, le nombre des corpuscules qui se meuvent le long d'une de ces cordes (ou plutôt d'une bandelette qui a l'une de ces cordes pour longueur et dont la largeur est, comme on dit, infiniment petite) est proportionnel à la longueur de cette corde. (*Voyez la fig.* 2.) De sorte que, en passant de la considération du carré à celle du cercle, il faut diminuer l'intensité de chaque pression, encore une fois, *en raison du diamètre à la corde.*

e) Donc, en passant mentalement du carré au cercle, la somme des pressions exercées par tous les corpuscules qui s'étoient mus le long d'une des cordes (ou bandelettes), doit être diminuée *en raison doublée de celle du diamètre à cette corde*. Et cette raison peut être exprimée par celle de deux disques circulaires, dont l'épaisseur commune seroit la largeur de la bandelette, et dont les diamètres seroient l'un le diamètre constant de notre cercle et l'autre chaque corde particulière.

f) Donc, en passant du carré au cercle, la somme des pressions, exercées par tous les corpuscules, qui s'étoient mus perpendiculairement à l'un des côtés, doit être diminuée en raison de la somme de tous les disques dont le diamètre seroit celui de notre cercle, à la somme des disques correspondans dont le diamètre ne seroit qu'une corde particulière. Or, cette raison est celle du cylindre d'ARCHIMÈDE à la sphère inscrite, c'est-à-dire, de 3 à 2.

g) Mais le terme de comparaison, c'est-à-dire, l'impulsion des corpuscules sur le fond plat doit aussi être diminué, savoir, dans la raison d'un carré au cercle inscrit, qui est égale à la raison de 4 diamètres à la circonférence.

h) Donc, la somme des pressions exercées

dans la concavité du rebord et réduites à l'axe du cylindre, est à la somme des chocs exercés sur le fond plat et réduits aussi à cet axe; comme 2 fois 4 diamètres sont à 3 circonférences, environ comme 28 à 33.

ARTICLE 4.

De la carrière d'accélération et de la vitesse terminale des particules mues par l'effet de la concavité.

§. 100. Quand une particule, pareille à celles dont j'ai parlé, vient à être libre de se mouvoir, elle acquiert seulement par degrés sa plus grande vitesse possible.

Cette plus grande vitesse a lieu lorsque la vitesse, produite par la différence des chocs antérieurs et postérieurs, égale la vitesse produite en vertu du creux.

L'espace nécessaire à la particule pour acquérir la plus grande vitesse, se nomme sa *carrière d'accélération;* et cette plus grande vitesse elle-même s'appelle sa *vitesse terminale.*

L'une et l'autre est comparable au mouvement d'un vaisseau poussé par le vent, qui d'abord marche lentement, puis s'accélère et

enfin vogue avec toute la vitesse dont il est susceptible. D'où vient qu'aussi l'on peut figurément attribuer à chacune des particules creuses une *proue* et une *poupe*.

De ces nouvelles considérations il résulte que toutes les fois que quelqu'une des particules ainsi constituées éprouvera un choc qui la retarde ou qui l'arrête; 1.° elle reprendra à l'instant même son mouvement; 2.° mais ce mouvement au premier instant sera très-foible et comme imperceptible; 3.° il croîtra peu-à-peu jusqu'à la vitesse terminale, pourvu toutefois que la particule se trouve dans un espace libre suffisant à sa carrière d'accélération.

CHAPITRE IV.

Application de la théorie précédente à quelques phénomènes.

ARTICLE 1.

Des éthers.

§. 101. DANS ce qui va suivre nous parlerons peu des fluides dont on peut concevoir les particules comme entièrement convexes et qui ne sont agités que par la première cause que nous avons remarquée (1), c'est-à-dire, parce que les corpuscules ultramondains ne les atteignent pas précisément en même temps. Ce ne peut être, avons nous dit, que des fluides très-subtils; on pourroit, pour les distinguer des autres, les nommer *éthers*. On peut presque toujours, par la seconde cause (2), expliquer tous les effets que l'on pourroit concevoir comme produits par la première. Au lieu que l'inverse

(1) Au chap. II de ce livre.
(2) Chap. III.

n'est pas vraie ; c'est-à-dire, que les effets explicables par la seconde cause ne le seroient pas tous par la première ; puisque les éthers ne peuvent être admis que sous la condition d'une extrême subtilité ou ténuité des particules.

Du reste il y a dans les éthers une cause toujours subsistante de mouvement. C'est une partie considérable des moyens que nous avons en main pour appliquer la théorie aux phénomènes. On verra dans le traité de la cohésion (1) que ce grand phénomène est probablement l'effet d'un éther ou du moins d'un fluide élastique très-subtil. Ce même éther, ou quelque éther analogue, produit probablement les phénomènes de l'élasticité dans les corps solides.

ARTICLE 2.

Petites atmosphères.

§. 102. Il est connu que l'air mouille tous les

(1) Ce traité de la cohésion ne fait pas partie de l'ouvrage actuel. Il existe, mais non rédigé, dans les manuscrits de l'auteur. — Les phénomènes de l'élasticité des corps solides dépendent probablement de l'éther qui produit la cohésion et seront discutés avec plus d'avantage à la suite du traité de la cohésion. Je donnerai toutefois dans un supplément l'esquisse de cette explication. (*Note de l'éditeur.*)

corps; on entend par-là, qu'il forme autour d'eux de petites atmosphères; ou, en d'autres termes, qu'il est autour et tout près des corps solides, dans un état de condensation. Il se peut que dans bien des cas cela provienne de quelque affinité particulière, laquelle, comme on le verra, est elle-même, produite immédiatement ou d'une manière médiate, par les corpuscules. Mais la généralité des phénomènes doit faire chercher une cause plus générale. Or, elle s'offre ici d'elle-même. Les particules venant choquer les corps, y perdent leur mouvement en tout ou en partie et ne le recouvrent que peu-à-peu. Donc, elles doivent abonder davantage dans le voisinage de ces corps et y former de petites atmosphères.

ARTICLE 3.

De l'engagement des particules des fluides élastiques dans les pores des grands corps et en particulier des liquides.

§. 103. Les grands corps contiennent dans leurs pores beaucoup d'air; surtout les liquides, et l'eau en particulier. Une partie de cet air peut être retenue par quelque affinité, dont la cause est bien finalement mécanique, mais

plus cachée ; c'est ce qui peut avoir lieu, par exemple, dans quelques cas où se manifeste une préférence très-marquée, comme dans celui où on présente à l'eau du gaz acide carbonique ; et même en ce cas, comme on le verra bientôt, l'affinité pourroit tenir à la cause dont nous nous occupons. Quoi qu'il en soit, écartant pour le moment les cas particuliers et les causes plus obscures, voyons si la théorie que nous venons d'exposer ne donne pas la clef du phénomène général.

1.° Les particules condensées autour d'un corps doivent s'engager dans ses pores, plus fréquemment qu'elles n'auroient pu faire sans cette circonstance. Et plusieurs particules, venant heurter le corps par la proue, s'y enfonceront; en particulier, elles s'insinueront entre les parties très-mobiles des liquides.

2.° Une particule douée de concavité, une fois entrée dans un pore, y sera captive, heurtant contre ses parois et arrêtée dans ses mouvemens à chaque fois qu'ils renaîtront ; si ce pore est trop petit pour que la particule y parcoure sa carrière d'accélération, cette particule heurtera foiblement les parois du pore et ne pourra forcer sa prison.

§. 104. On a un bel exemple de cette espèce

de détention, dans l'air que l'eau retient engagé. Si on fait le vide au-dessus de l'eau, beaucoup d'air se dégage. Car alors la pression, qui maintient les élémens de l'eau les uns sur les autres, cessant; l'ouverture des pores peut être forcée par la moindre force; en sorte que les particules captives se dégagent, quoiqu'elles n'aient parcouru qu'une partie de leur carrière d'accélération.

§. 105. On peut remarquer qu'il doit y avoir quelque correspondance entre la figure des particules et la grandeur des pores qui permet ou ne permet pas qu'elles y parcourent leur carrière d'accélération. C'est ce que nous avions en vue tout-à-l'heure lorsque nous disions que cette cause pourroit expliquer seule, au moins à un certain point, la préférence marquée de quelques corps pour certains gaz, en particulier de l'eau pour l'acide carbonique (§. 103).

ARTICLE 4.

Des fluides, élastiques très-subtils dont l'agitation est due à la seconde des deux causes mentionnées, c'est-à-dire, à quelque concavité de leurs particules.

§. 106. La lumière, que nous envisageons

comme une émission, est mue d'un mouvement très-rapide et rectiligne. Il n'y a pas d'explication plus claire d'un tel mouvement, que celle qui dérive de la théorie précédente. Chacune de ses particules a une concavité, d'où résulte une proue et une poupe, et par-là même un mouvement tel qu'on l'observe.

Les autres fluides subtils, tels que le feu, l'électricité, le magnétisme, sont sans doute des fluides discrets élastiques ou expansifs : mais on connoît moins la vitesse de leurs élémens.

ARTICLE 5.

De la rotation des particules.

§. 107. Les impulsions que reçoivent ces particules doivent (selon leurs figures) produire chez elles des mouvemens de rotation ; et de ces mouvemens résultent des routes variées, en hélices, etc. Peut-être quelque jour la contemplation de ces mouvemens pourra-t-elle éclaircir certains phénomènes.

ARTICLE 6.

Du renouvellement des mouvemens.

§. 108. C'est un grand phénomène général

que celui des mouvemens renouvelés ou, pour ainsi dire, créés. La combustion, l'électricité, le magnétisme, les mouvemens musculaires, développent à nos yeux des vitesses dont l'origine est inaccessible à nos sens.

La théorie précédente fait comprendre cette création. Les particules de quelques fluides subtils sont engagées dans les corps; dès qu'elles en sont dégagées par quelque cause, les corpuscules ultramondains les pressent et les obligent à fuir. Ainsi il y a dans la nature une source inépuisable de mouvement.

ARTICLE 6.

De la pression d'une atmosphère pesante sur sa base.

NOTE PRÉLIMINAIRE DE L'ÉDITEUR.

La loi de densité des couches d'une atmosphère pesante est connue. Elle peut s'énoncer de deux façons : on peut dire que *la densité d'une couche* (1)

(1) Il est entendu qu'il s'agit de couches horizontales (en parlant de l'atmosphère terrestre), d'égale épaisseur, et assez minces pour que la densité de chacune puisse être réputée uniforme. Il est entendu encore qu'il s'agit toujours d'un air homogène.

est proportionnelle à la masse totale de l'air qui est au-dessus d'elle. On peut dire aussi, que *les hauteurs croissant selon une progression arithmétique, les densités des couches décroissent selon une progression géométrique.* Ce sont là deux expressions d'une même loi; ou, si l'on veut, deux propositions, dont l'une est un corollaire de l'autre.

Il s'agit maintenant de voir comment cette loi se déduit de la constitution attribuée ci-dessus aux fluides élastiques.

Au premier coup-d'œil cela semble offrir quelque difficulté, parce que, dans cette constitution, il est impossible de concevoir une pression générale des couches supérieures sur les inférieures, puisque les particules se meuvent librement, ne se repoussent pas mutuellement, et se rencontrent peut-être assez rarement.

J'ai long-temps cherché, dans les papiers de G. L. Le Sage, une proposition à ce sujet. Ne l'y trouvant point, j'avois examiné cette question de plus près; et j'avois réussi à démontrer que la loi dérive bien de la théorie précédente, telle qu'elle vient d'être exposée. Mais j'ai enfin rencontré la démonstration qu'en donne l'auteur lui-même, dans une correspondance, dont je vais rendre compte.

H. B. De Saussure demanda à G. L. Le Sage, en novembre 1785, des éclaircissemens sur quelques points de sa doctrine des fluides élastiques. « Car en vérité, disoit-il, dans un de ses billets, quoi» que je ne puisse pas dire que je *crois* votre système

» absolument vrai, je puis vous assurer que je le » goûte infiniment. » Cette expression porte sur la généralité du système de LE SAGE, et non sur ses fluides élastiques seulement. Cependant c'étoit de ceux-ci qu'il s'agissoit dans la discussion que DE SAUSSURE vouloit entamer. On voit par la suite de la correspondance, que ce savant physicien vouloit à cette époque connoître comment LE SAGE expliquoit, par ses fluides discrets agités, la loi de densité des couches de l'atmosphère. LE SAGE se prêta à son désir; et lui renvoya sa question, accompagnée de la réponse, telle qu'on va la lire ici. Cet envoi fut suivi d'un billet de DE SAUSSURE, demandant de nouveaux éclaircissemens sur le cas où la base, qui est chargée d'air, n'est pas imperméable à ce fluide. LE SAGE donna les éclaircissemens démandés, que l'on trouvera joints (p. 149) à la suite de sa première réponse (1).

§. 109. *QUESTION sur l'opinion qui compose l'air de particules isolées, destituées de répulsion mutuelle.*

« Comment la base d'une colonne d'air est-» elle chargée du poids de toute cette colonne?

---

(1) Quoique ces éclaircissemens soient suffisans, je proposerai au second Traité (chap. II, §. 13) une forme de démonstration plus simple.

» vu que la plupart des particules supérieures
» n'appuient pas sur les inférieures, mais
» qu'elles portent à faux, parce que celles-ci
» sont beaucoup moindres que leurs intervalles. »

Réponse. C'est une loi générale du mouvement, que la quantité qui s'en trouve dans un système de corps, selon chaque sens déterminé, par exemple, suivant le sens vertical, se conserve constamment, malgré les différentes obliquités et interruptions des rencontres.

Par conséquent la base d'une colonne d'air reçoit finalement en elle seule la somme de toutes les impulsions gravifiques qui ont été communiquées à toutes les couches superincombantes.

Première remarque. Il est vrai que cette base ne reçoit pas actuellement les impulsions exercées actuellement sur les couches supérieures; mais, en revanche, elle reçoit actuellement le résultat d'autant d'impulsions précédentes.

Seconde remarque. Il est vrai encore que beaucoup de particules supérieures n'agissent ni tôt ni tard, ni médiatement ni immédiatement, sur la base; parce que l'obliquité de leur descente les fait passer dans les colonnes voisines. Mais, en revanche, il y a autant de particules des colonnes voisines qui passent obliquement dans cette première.

Troisième remarque. Il est vrai de plus que cette discontinuité de l'air empêche les coups d'être aussi fréquens que si c'étoit un fluide continu, ou substantiellement ou virtuellement (c'est-à-dire, que les particules se touchassent ou se repoussassent); mais, en revanche, ces coups en sont justement d'autant plus forts, puisque la vitesse verticale de chaque particule sera proportionnée au temps écoulé, depuis le commencement de sa chute, jusqu'à ce qu'elle frappe une autre particule ou la base même.

Quatrième remarque. Il est vrai enfin que la descente des particules inférieures, en vertu de leur propre pesanteur, leur fait éluder une partie du choc des supérieures. Mais cette portion de mouvement, que les particules supérieures ne peuvent pas communiquer, n'est point perdue pour la gravité de toute la colonne, parce que tôt ou tard elles déploieront ce mouvement, ou contre des particules plus lentes, ou immédiatement contre le support de la colonne.

Éclaircissemens relatifs au cas où la base n'est pas imperméable.

Proposition fondamentale. La vitesse moyenne des particules d'air est la même dans les différentes couches de l'atmosphère.

Preuve. La plus grande partie de leur vitesse, et de beaucoup, est indépendante de la pesanteur, et la différence d'avec la vitesse moyenne, en plus ou en moins, est bientôt détruite par la cause puissante de cette vitesse *terminale*.

Mais de plus, autant la vitesse des particules qui descendent fortuitement sous une certaine obliquité, est accélérée par leur pesanteur, autant la vitesse des particules qui montent sous la même obliquité est-elle retardée par leur pesanteur. Or, il y en a autant de montantes que de descendantes, dès qu'une fois les choses sont parvenues à un état permanent.

Corollaire 1. La pression de l'atmosphère, sur une surface imperméable, est uniquement proportionnelle au nombre des particules qui frappent cette surface pendant un tempuscule donné, et par conséquent à la densité de la couche contiguë.

Corollaire 2. Comme donc cette pression est proportionnelle au poids de la colonne super-incombante, ainsi que je l'ai prouvé dans mon précédent papier (p. 147); il s'ensuit que la densité de chaque couche est proportionnelle au poids de la colonne super-incombante.

Corollaire 3. Et cela est vrai aussi des couches qui ne reposent actuellement sur au-

cune surface imperméable ; par exemple , de la couche immédiatement supérieure au prolongement idéal d'une plate-forme horizontale quelconque ; puisque la densité de cette dernière doit bientôt égaler la densité de celle qui repose sur la plate-forme , si jamais elles avoient été inégales ; savoir , au moyen de la communication horizontale perpétuelle de leurs mouvemens.

(1) *Remarque.* Quant à la loi de HALLEY (que les hauteurs sont les logarithmes des densités), elle est une suite de la loi de MARIOTTE (que les pressions, sur une surface imperméable , sont proportionnelles aux densités) ; et celle-ci découle aisément de la constitution que j'assigne à l'air , puisque je sus tirer cette conséquence peu de minutes après avoir imaginé cette constitution ; ce qui m'inspira tout de suite beaucoup de confiance en ma conjecture ; confiance, qui a été augmentée dernièrement (1785) par les expériences de l'abbé FONTANA, lequel a trouvé que les gaz artificiels aussi étoient soumis à la loi de MARIOTTE.

(1) Je supprime trois remarques qui précèdent celle-ci , et dont l'objet est d'exclure l'idée d'une pression continue , dont l'auteur craignoit que son savant correspondant ne fût trop imbu. (*Note de l'éditeur.*)

LIVRE IV.

APPLICATION DES THÉORIES PRÉCÉDENTES A CERTAINES AFFINITÉS.

L'OBJET de ce livre est d'indiquer quelques causes mécaniques des affinités.

CHAPITRE PREMIER.

De l'affinité des homogènes.

ARTICLE 1.

Exposé du fait.

§. 110. LES substances de même nature s'approchent et s'attachent mutuellement avec plus de force que les substances de nature différente.

Ce principe général est sujet à beaucoup d'exceptions : mais, dans sa généralité, il ne paroît pas pouvoir être contesté; par exemple, deux gouttes d'eau ou deux gouttes d'huile se réunissent; une goutte d'eau et une goutte d'huile ne se réunissent pas.

L'eau dissout les gommes sans dissoudre les résines, et l'esprit de vin dissout plutôt les résines que les gommes.

Généralement les matières aqueuses se lient plus aisément avec les matières aqueuses, et les grasses avec les grasses, que celles-ci avec celles-là.

La cochenille, qui est une teinture animale, s'attache parfaitement à la laine, qui est aussi une matière animale, et ne s'attache point du tout au coton, qui est une matière végétale.

Les liqueurs alcalines montent plus haut que les autres liqueurs, dans des tubes capillaires de verre, et même leur hauteur est plus grande lorsque le verre contient davantage d'alcali.

Quand on a dissout deux sels neutres différens dans la même eau et qu'on prend toutes les précautions nécessaires pour que la cristallisation se passe bien tranquillement, ils cristallisent séparément.

Les différentes parties du lait, et encore plus celles du sang, se séparent les unes des autres, et leurs parties semblables s'unissent, d'une façon qui paroît bien n'être pas due uniquement à la légère différence qui est entre leurs densités et à celle de leurs pesanteurs spécifiques.

§. 111. Dans les cas où le mélange des corps

ne diminue pas la somme de leurs volumes; il faut moins d'efforts pour diviser ce mélange, qu'il n'en falloit pour diviser chacun de ces corps séparément. C'est ainsi que le bismuth et le plomb, qui séparés se fondent plus difficilement que l'étain, réunis se fondent plus aisément que lui; et que le mélange de ces trois corps se fond plus aisément que deux quelconques d'ent'reux, comme M. NEWTON l'a expérimenté. (*Voyez les Transactions philosophiques pour* 1701.)

A pesanteurs spécifiques égales, les corps sont d'autant plus durs qu'ils sont plus homogènes.

Plus la chimie s'est perfectionnée, et plus on s'est persuadé que l'effervescence des acides avec les alcalis n'étoit rien moins qu'un combat de corps hétérogènes et antipathiques, mais bien plutôt au contraire une affinité de corps homogènes et sympathiques (1).

---

(1) Les grands progrès qu'a faits la chimie depuis l'époque, déjà reculée, où écrivoit l'auteur, nous engagent à supprimer des détails et des citations à l'appui de cette assertion, citations, qui pourroient paroître surannées, et que tout lecteur, versé dans ces matières, peut aisément suppléer. (*Note de l'éditeur.*)

ARTICLE 2.

Recherche du mécanisme de ce phénomène.

§. 112. *a)* Il y a telle huile dont deux gouttes égales se réunissent avec plus de force que deux gouttes d'eau de même grosseur qu'elles, et il y en a telles dont les gouttes se réunissent avec moins de force que celles de l'eau.

Rien n'empêche de concevoir qu'on mêle ces deux sortes d'huile dans une telle proportion que deux gouttes de ce mélange fassent précisément autant d'effort pour se réunir que deux pareilles gouttes d'eau, placées à la même distance l'une de l'autre.

Effet, qui indique que la différence des forces avec lesquelles chacune de ces gouttes d'huile est poussée vers l'autre par l'éther subtil (1)

---

(1) L'éther subtil, qui cause les affinités, est comparable dans toute son action aux corpuscules ultramondains. L'auteur avoit d'abord employé ceux-ci immédiatement. Mais les particules de toute espèce de matière sont beaucoup trop perméables au fluide gravifique, pour que celui-ci puisse agir de la manière indiquée ici. Et en outre les phénomènes ne permettent pas d'admettre dans les corpuscules ultramondains d'inégalité sensible en volume. (*Note de l'éditeur.*)

et repoussé en sens contraire par l'éther qui a traversé l'autre goutte, est égale à l'excès de l'impulsion de l'éther qui pousse une goutte d'eau vers une goutte d'eau, sur l'impulsion de celui qui repousse cette première goutte d'eau en sens contraire après avoir traversé la seconde.

b). Cependant une de ces gouttes d'huile, mise à même distance d'une goutte d'eau, fait moins d'efforts pour s'y réunir; et la goutte d'eau fait moins d'efforts aussi pour se réunir à celle d'huile : ce qui indique que la différence des impulsions opposées de l'éther, sur une même goutte, est moindre dans chacun de ces deux cas, que dans chacun des deux cas précédens. Et cependant les impulsions qui tendent à approcher ces gouttes l'une de l'autre sont les mêmes dans ces cas-ci que dans les précédens.

c) Donc, cette inégalité de différences ne peut provenir que de l'inégalité des causes de diminution ; c'est-à-dire, que les impulsions qui tendent à écarter les gouttes sont plus grandes dans les cas où ces gouttes sont de liqueurs différentes, que dans les cas où elles sont d'une même liqueur.

d) Or, les impulsions qui tendent à écarter une goutte de l'autre sont dues à l'éther qui a traversé celle-ci.

e) Donc, l'éther, qui a traversé une goutte, frappe davantage une autre goutte, lorsque celle-ci est d'une liqueur différente, que lorsqu'elle est d'une même liqueur; c'est-à-dire, qu'il passe avec moins de facilité dans le premier cas que dans le second. Et cette différence de facilité est réciproque.

f) Généralement, l'éther, qui a traversé les pores d'un corps, passe plus aisément par les pores d'un second corps, lorsque ceux-ci sont de même sorte que ceux-là, que lorsqu'ils sont de différente espèce.

C'est à quoi nous mène nécessairement la supériorité de l'attraction mutuelle des corps de même nature, sur l'attraction mutuelle des corps de nature différente.

g) Il nous reste donc à chercher quelle diversité il peut y avoir dans des pores que l'éther doit traverser successivement, pour que les seconds soient traversés en moins grand nombre que s'ils étoient semblables aux premiers, et réciproquement.

Par une bonne méthode d'exclusion (1), on

---

(1) Ce n'est pas sans regret, que nous supprimons le détail de ce procédé d'exclusion, qui nous paroît, en ce genre, pouvoir servir de modèle. Mais nous avons

s'assure qu'il faut chercher la cause de cette inégale facilité de passage dans l'inégale *grandeur* transversale des pores.

h) On a déjà compris sans doute que si (1) l'on a trois couples de corps, l'une de deux corps percés de pores médiocres et médiocrement nombreux, l'autre de deux corps percés de pores fort petits et fort nombreux, et le troisième d'un corps de la première espèce et d'un corps de la seconde; les particules qui auront traversé un des corps d'une des deux premières couples trouveront moins d'obstacles à passer dans l'autre corps de la même couple, que les particules qui ont traversé un des corps de la troisième couple, ne trouvent d'obstacles à passer dans l'autre corps de cette troisième.

Il suit de là que les causes d'écartement de

---

craint de ralentir une explication déjà longue, et de la rendre plus laborieuse par une trop scrupuleuse exactitude. (*Note de l'éditeur.*)

(2) La proposition ainsi introduite est extraite textuellement de l'*Essai de chimie mécanique*. Elle sera bientôt éclaircie par un exemple, dans lequel on verra que l'éther, tel qu'il est conçu par l'auteur, est composé de deux sortes d'élémens; savoir, de particules d'inégale grosseur; en sorte qu'une partie de l'éther est dite subtile, et l'autre grossière. (*Note de l'éditeur.*)

deux corps d'une même couple sont plus foibles dans les premières couples que dans la troisième. De sorte que, si les causes d'approche sont les mêmes dans cette troisième couple que dans les précédentes, le résultat de ces causes opposées sera une tendance à s'approcher plus forte dans les premières couples que dans la troisième.

Or, les causes d'approche seront les mêmes pour chaque corps de la troisième couple que pour les corps de la couple à laquelle il ressemble, pourvu que toutes les autres choses soient égales; c'est-à-dire, pourvu que les figures des six corps soient semblables, pourvu que leurs grandeurs soient égales, pourvu que les trois distances mutuelles des deux corps de chaque couple soient égales, et pourvu que ces corps soient bien également et semblablement percés trois à trois.

Donc, les corps semblables entr'eux, à l'égard de la grandeur et du nombre des pores, doivent s'approcher avec plus de force que les corps qui diffèrent entr'eux à ces deux égards.

i) Cela sera rendu plus sensible par un exemple bien déterminé, moins conforme à la nature qu'à la commodité du lecteur, mais suivi de correctifs propres à le généraliser et à le rapprocher de la réalité.

Je dois seulement faire précéder cet exemple de deux petites considérations.

1.° Il ne peut être question que de l'éther subtil qui passe ou tend à passer successivement par quelques points du volume apparent des deux corps de la même couple : toutes les autres particules de l'éther qui frappent un de ces corps, ayant des antagonistes dont le nombre ne reçoit aucune altération par la présence de l'autre corps, ce premier est dans un parfait équilibre de leur part.

2.° Quand je parle de la cinquième partie d'un courant, etc., cela ne doit pas s'entendre du nombre des particules, puisqu'elles ne sont pas toutes également efficaces, mais de la somme de leurs masses ou de la quantité de matière.

k) Théorème. Supposons que chaque goutte d'eau isolée arrête indistinctement la septième partie de toutes les particules qui y abordent; que chaque goutte d'huile isolée arrête la cinquième partie de la moitié la plus grossière du courant qui y aborde; et que ces mêmes gouttes d'huile arrêtent la trente-cinquième partie de la moitié la plus subtile.

Je dis que la tendance d'une goutte d'eau vers une goutte d'huile, ou d'une goutte d'huile vers une goutte d'eau, ne fera que les quatre

cinquièmes de celle de l'eau vers l'eau ou de l'huile vers l'huile.

Démonstration. Premier cas. Une goutte d'eau est donc poussée vers une goutte d'eau par la $1:7^{me}$ de tout le courant qui y aborde à l'opposite de celle-ci ; et elle est poussée en sens contraire par la $1:7^{me}$ du fluide qui y aborde, après avoir traversé cette seconde goutte, lequel ne contenoit plus que les $6:7^{mes}$ de ce qu'il étoit auparavant.

Donc ; la force, avec laquelle la première goutte doit tendre vers la seconde, doit être proportionnée à l'excès de la septième partie d'un courant sur la septième partie des six septièmes d'un pareil courant, c'est-à-dire, à la $1:49^{me}$ d'un de ces courans.

Et la seconde goutte d'eau doit tendre vers la première avec une pareille force, en vertu d'un pareil raisonnement.

Second cas. Une goutte d'eau est poussée contre une goutte d'huile par la $1:7^{me}$ de tout le courant qui y aborde à l'opposite de celle-ci ; et elle est poussée en sens contraire par la $1:7^{me}$ du courant qui y aborde après avoir traversé cette goutte d'huile.

Or, celui-ci est composé de deux parties, savoir, 1.° des $4:5^{mes}$ de la moitié du courant

qui avoit abordé vers l'huile à l'opposite de l'eau, et 2.° des $34:35^{mes}$ de l'autre moitié; ce qui fait en tout les $31:35^{mes}$ de la matière du courant.

Donc; la force, avec laquelle une goutte d'eau doit tendre vers une goutte d'huile, doit être proportionnée à l'excès de la septième partie d'un courant sur la septième partie des trente-un trente-cinquièmes d'un pareil courant, c'est-à-dire, aux $4:245^{mes}$ d'un de ces courans.

Troisième cas. Une goutte d'huile est poussée contre une autre goutte d'huile, 1.° par la $1:5^{me}$ de la moitié du courant qui y aborde à l'opposite de celle-ci; et 2.° par la $1:35^{me}$ de l'autre moitié; en tout par les $4:35^{mes}$ de ce courant.

Et elle est poussée en sens contraire, 1.° par la $1:5^{me}$ des $4:5^{mes}$ de la moitié du courant qui avoit abordé vers la seconde goutte, à l'opposite de la première; et 2.° par la $1:35^{me}$ partie des $34:35^{mes}$ de l'autre moitié; en tout par les $2:25^{mes}$ et les $17:1225^{mes}$ de ce courant, c'est-à-dire, par ses $115:1225^{mes}$ ou ses $23:245^{mes}$.

Donc; la force, avec laquelle une goutte d'huile se portera vers une autre goutte d'huile, doit être proportionnelle à l'excès des $4:35^{mes}$ d'un courant sur les $23:245^{mes}$ d'un pareil courant, c'est-à-dire, aux $5:245^{mes}$ ou à la $1:49^{me}$ partie d'un de ces courans.

Et la seconde goutte d'huile doit tendre vers la première avec une pareille force, en vertu d'un pareil raisonnement.

Quatrième cas. Une goutte d'huile est poussée contre une goutte d'eau comme contre une goutte d'huile, c'est-à-dire, par les *4:35*^mes^ du courant qui y aborde à l'opposite de cette goutte d'eau.

Et elle est poussée en sens contraire, 1.° par la *1:5*^me^ partie de la moitié la plus grossière de ce qui a traversé cette goutte d'eau; savoir, les *6:7*^mes^ d'un courant; et 2.° par la *1:35*^me^ partie de la moitié la plus subtile de ces mêmes *6:7*^mes^; en tout par les *3:35*^mes^ et les *3:245*^mes^ d'un courant, c'est-à-dire, par ses *24:245*^mes^.

Donc; la force, avec laquelle une goutte d'huile sera entraînée vers une goutte d'eau, doit être proportionnelle à l'excès des *4:35*^mes^ d'un courant sur les *24:245*^mes^ d'un pareil courant, c'est-à-dire, aux *4:245*^mes^ d'un de ces courans.

Conclusion. Donc, la tendance mutuelle d'une goutte d'eau et d'une goutte d'huile est à la tendance mutuelle de deux gouttes d'eau, ou à celle de deux gouttes d'huile, comme *4:245*^mes^ sont à *5:245*^mes^, ou comme 4 est à 5. *C. c. q. f. d.*

Au lieu des fractions *1:7*, *1:5*, *1:35*, on auroit pu employer les fractions *1:41*, *1:29* et *1:1189*, ce qui auroit fourni pour les tendances mutuelles, le rapport de 21 à 29, au lieu de celui de 4 à 5.

On auroit aussi pu employer les fractions *1:7000*, *1:5090*, *1:35 000*, ou les fractions *1:41 000*; *1:29 000*; *1:1,189 000*; ce qui auroit fourni, pour les tendances mutuelles, des valeurs un million de fois plus petites, mais sans changer leurs rapports de 4 à 5 ou de 21 à 29. Ces dernières suppositions sont un peu plus conformes à la prodigieuse porosité qu'on a lieu de supposer dans les corps.

m) A l'aide des artifices de DIOPHANTE, on peut trouver des exemples rationels, où la tendance des gouttes de la même liqueur soit considérablement plus forte que la tendance des gouttes de liqueurs différentes. Mais alors il faut que la portion subtile des courans de l'éther soit beaucoup plus abondante que leur portion grossière.

n) On ne doit pas craindre que les conclusions vinssent à changer, si l'on vouloit avoir égard à la diversité des directions des particules de l'éther.

Car ce qui est vrai de toutes les particules

dont les routes sont parallèles sous une certaine direction, pouvant s'appliquer à celles dont les routes sont parallèles sous une autre direction quelconque, sera vrai encore de la somme de tous ces courans.

o) Je démontre aussi, que le fond des conclusions ne change point, lorsque les gouttes d'eau ne sont pas tout-à-fait aussi perméables aux grosses particules qu'aux petites, pourvu cependant qu'elles leur soient plus ou moins perméables que ne le sont les gouttes d'huile.

Théorèmes dont on supprime la démonstration (1).

p) 1.er En partant des suppositions énoncées dans les théorèmes précédens, la tendance de l'eau vers l'eau, ou de l'huile vers l'huile; est à la tendance de l'eau vers l'huile, ou de l'huile vers l'eau; comme l'imperméabilité uniforme de l'eau, est à la somme des diverses imperméabilités de l'huile à un courant complet. — Et ce que je dis de ces deux corps en particulier, pour plus de brièveté et de clarté

(1) Cette démonstration se trouve dans l'*Essai de chimie mécanique*, aux pag. 101 et suiv.

dans les expressions, doit s'entendre également de tous autres corps de deux espèces combinés deux à deux de trois façons.

q) 2.[d] Le rapport énoncé dans le théorème précédent peut approcher autant qu'on veut de la raison sous-doublée de celle qui règne entre un courant complet et sa portion grossière, au moyen des diverses valeurs que l'on peut assigner aux imperméabilités. Mais ce premier rapport ne peut jamais égaler ni surpasser ce dernier.

r) 3.[e] Lors même que chacun des corps des deux différentes espèces est inégalement perméable aux différentes particules, selon quelque rapport que ce soit; il suffit que ces rapports ne soient pas égaux, pour que la tendance mutuelle des corps d'une même espèce soit supérieure à la tendance mutuelle de ceux de différente espèce.

s) 4.[e] En supposant les mêmes inégalités de perméabilité à diverses classes de particules que nous avons supposées dans le théorème précédent; et le même défaut de proportion entre ces inégalités; enfin, que la tendance mutuelle d'une des couples de corps, homogènes l'un à l'autre, ne soit pas égale à la tendance mutuelle de l'autre couple : la tendance mutuelle d'un des corps de la première couple et de l'un

des corps de la seconde (qui seroit moyenne proportionnelle entre les tendances de ces deux couples, si les inégalités de perméabilité à diverses classes de particules étoient proportionnelles) sera plus petite que cette moyenne proportionnelle.

t) 5.° Selon que la raison des imperméabilités de deux sortes de corps à une même partie du courant sera égale ou inégale à la raison sous-doublée de celle qui a lieu entre la tendance mutuelle des corps de la première espèce et la tendance mutuelle des corps de la seconde espèce; la tendance mutuelle des corps de ces deux espèces sera égale ou inférieure à la moyenne proportionnelle entre ces deux premières tendances.

CHAPITRE II.

De quelques autres causes d'affinité.

ARTICLE 1.

De quelques affinités explicables par l'attraction neutonienne.

§. 113. 1.° LA grande densité d'un corps, suppléant à sa petitesse, il en résulte qu'une très-petite molécule peut attirer une autre petite molécule qui la touche, plus fortement que ne fait le globe entier de la terre (1).

2.° La forme des molécules influe sur leur manière de s'unir. Toutes choses égales, on démontre que c'est par la plus grande surface possible qu'elles se joignent. Cette cause tend

(1) Cette cause a été remarquée et discutée par plusieurs géomètres, qui l'ont même envisagée comme agissant d'une manière fort générale. LE SAGE l'a appréciée avec soin dans son *Essai de chimie mécanique.* Nous supprimons ce détail, comme suffisamment connu; prêts, à suppléer s'il le faut, à cette omission.

(*Note de l'éditeur.*)

à unir entr'elles des molécules semblables et dissemblables, qui ont un certain rapport de figure particulier : par exemple, si l'on se peint ces molécules sous l'emblème d'un cachet et de son empreinte, elles s'uniront plus fortement que si c'étoient deux cachets ou deux empreintes. Cette espèce d'affinité dérive de l'attraction neutonienne, et pourroit s'appeler affinité de *congruence*.

3.° Lorsque les parties d'un fluide sont plus petites que les interstices d'un autre fluide, ces fluides appliqués l'un à l'autre, se pénétreront mutuellement jusqu'à saturation, c'est-à-dire, jusqu'à ce que ces interstices soient tous remplis, ou qu'il n'y ait plus rien pour les remplir. Et cela arrivera lors même que ces parties seront un peu plus grandes que ces interstices, pourvu que l'écartement qu'elles seront obligées de causer dans les parties du fluide grossier n'empêche pas que la somme des volumes, qu'occupoient ces deux fluides avant leur mélange, ne soit un peu diminuée.

Mais il ne doit rien arriver de pareil, quand on verse l'une sur l'autre deux liqueurs dont les parties sont égales, ou peu s'en faut ; quelque tendance qu'elles eussent d'ailleurs à s'approcher et à se pénétrer; parce que les pé-

nétrations, qui auroient pu se faire, se seroient déjà exécutées entre les deux moitiés de chacune de ces liqueurs à part, et que toute autre pénétration ne tendroit point à diminuer le volume total.

Ayant calculé le volume de la plus grande sphérule, qui puisse se loger librement dans les plus grands interstices d'un monceau de sphères égales; j'ai trouvé, qu'il étoit environ la *1:14*me partie de celui d'une de ces dernières.

4.° Deux particules de matière, égales en volume et en densité, étant plongées dans un fluide uniforme de densité moindre ou plus grande, tendront à s'approcher l'une de l'autre avec une force proportionnelle au carré de la différence de ces densités.

Voilà la démonstration de ce théorème sans aucun développement. Soient a et b les attractions des deux particules et du fluide respectivement. Ces particules étant à quelque petite distance l'une de l'autre, s'attirent avec la force aa. Et les deux molécules de fluide qu'elles remplacent s'attirent avec la force bb. En tout, les attractions qui tendent à réunir les homogènes sont donc égales à $aa + bb$. Mais pour que cette réunion ait lieu, il faut vaincre de part et d'autre l'attraction des hétérogènes,

en tout, la force $2ab$. Ainsi la tendance est proportionnelle à $aa + bb - 2ab$.

ARTICLE 2.

De quelques autres affinités.

§. 114. Nous venons d'indiquer cinq causes des affinités. Quatre dépendent de l'attraction et peuvent être exposées sans remonter jusqu'à l'impulsion. Une cinquième cause, qui a été exposée la première, ne dépend pas de l'attraction, puiqu'elle n'est autre chose que l'impulsion d'un éther subtil, mis en mouvement par les corpuscules ultramondains, et dans lequel on distingue des particules de deux espèces.

D'autres causes mécaniques ne sont point exclues. On pourroit, par exemple, supposer un rapport d'oscillations entre certaines particules. Mais il faut attendre que de telles causes aient été développées et régulièrement appliquées aux phénomènes, pour en faire mention (1).

---

(1) On a cru observer entre des fluides élastiques hétérogènes, une affinité qui s'exerce à une certaine distance. L'éditeur du traité que l'on vient de lire a tenté de l'expliquer par la forme de leurs particules:

SUPPLÉMENT

Sur l'élasticité des solides.

AVIS DE L'ÉDITEUR.

Dans une note sur le §. 101, l'éditeur a fait connoître la raison pour laquelle il ne croyoit pas devoir mêler, à cette exposition de la physique mécanique de LE SAGE, ce qui a rapport à l'élasticité des solides. Cette raison est la liaison de ce sujet à celui de la cohésion, qui n'a pu encore être soumis à une rédaction convenable. Il faut dire en outre, que l'auteur de toute cette théorie s'est plus profondément occupé des fluides élastiques que des solides; et que l'éditeur, dans les applications, qui font la matière du second traité, ne s'est occupé que des fluides élastiques. Il ne sera pas mal cependant de présenter ici, fort en abrégé, l'idée que LE SAGE se formoit de l'élasticité des solides; d'autant plus que j'ai déjà eu occasion, il y a long-temps, de la publier sous les

---

le courant qui pousse la poupe concave vers un autre corps doit tourner vers lui cette poupe, d'où résultera une répulsion apparente (Voyez le 2.d *Traité, Liv. II*, §. 10). Mais comme cette explication n'est pas de l'auteur du système que nous exposons, il n'est pas convenable de la mêler avec les siennes, c'est pourquoi on se contente ici de l'indiquer. (*Note de l'éditeur.*)

yeux et du consentement de son auteur. En 1795, ayant donné, dans mes cours publics, une esquisse du système de Le Sage, j'invitai un de nos jeunes élèves (que depuis j'ai eu le plaisir de compter parmi nos collègues) à s'en occuper avec plus de suite; et après que je lui eus fait connoître quelques détails de ce système, il soutint, sous ma présidence, des thèses sous ce titre : *Quelques propositions sur la cause de l'élasticité des fluides et des solides.* Cette dissertation (1) contient (dans les articles 32—43) l'explication de l'élasticité des solides selon les principes de Le Sage. Quoique ces articles soient énoncés d'une manière générale, je prends cette occasion de dire, qu'ils sont extraits fidèlement des papiers et des entretiens de Le Sage; et par cette raison, je ne me fais pas scrupule de les lui attribuer ici, en indiquant ce que j'en extrais comme un article qui lui appartient et qui fait suite à son ouvrage.

§. 115. Dans les *éthers* (§. 101), on peut concevoir des oscillations de deux espèces, les *longues* et les *courtes*.

Chaque éther particulier est formé de molécules homogènes. Un tel éther peut être libre

---

(1) Elle est composée de 47 articles ou thèses; dont la dernière, écrite avec éloquence, n'est pas de moi, et fut même ajoutée à mon insu sur la dernière feuille d'épreuve.

dans ses mouvemens, ou gêné par quelque pression extérieure. Cette pression, que l'on peut comparer à l'action mécanique de l'air, est celle qui produit la cohésion ; elle tend à rapprocher les élémens. Mais l'action inégale des corpuscules tend à les séparer.

Que l'on se représente une particule, composée d'élémens constitués comme l'éther que je viens de décrire, et ensuite un corps formé de particules ainsi composées et homogènes. Si l'on vient à fléchir ou comprimer un tel corps, il ne peut céder que de deux manières ; 1.° en changeant la figure de ses particules constituantes, 2.° en changeant leur situation respective.

Un corps *très-élastique* est celui dont les particules constituantes ne se prêtent pas à changer leur situation respective. Un corps *peu* ou point *élastique* est celui dont les particules constituantes changent de situation avec quelque facilité.

On comprend en effet que si l'on a forcé quelques particules à changer de figure, ces petits éthers, sous l'influence de deux forces opposées très-énergiques, doivent être rapidement et violemment ramenés à leur état moyen.

En conséquence de tout ce qui vient d'être

dit, on comprendra, que certains corps, pressés brusquement, paroissent élastiques; qui, pressés lentement, ne le paroîtront pas. Ce sont ceux dont les particules constituantes peuvent difficilement changer de place et requièrent un certain temps pour de nouveaux arrangemens.

Lorsqu'on ploie un corps élastique, il y a dilatation dans la partie extérieure, et condensation ou compression dans la partie intérieure, de l'arc qu'on lui fait décrire : on change donc de deux façons contraires la forme de ses parties constituantes en ces deux différens points de sa contexture; et l'on observe que la résistance, ou la tendance à la réstitution de la forme primitive, croît à mesure que l'on augmente la courbure (aussi long-temps que la contexture n'est pas altérée, ou la cohésion détruite). Cela paroît dépendre d'une double cause : 1.° plus on ploie, plus le nombre des particules constituantes déformées augmente. 2.° Dans les grands écarts de la figure primitive, l'action de la cause restituante est plus grande; car, dans les élémens rapprochés par la compression, les chocs qui les écartent deviennent d'autant plus fréquens qu'ils sont plus rapprochés. En effet, avant le rapprochement, les chocs n'avoient lieu que par l'effet des oscillations *longues*, et

après le rapprochement, il s'y joint ceux qui sont produits par les oscillations *courtes*.

Inversement, dans les élémens écartés par dilatation, les oscillations courtes deviennent inefficaces; et par conséquent, l'action du fluide qui cause la cohésion perd d'utiles antagonistes, et devient toujours plus efficace (1).

Note finale de l'Éditeur

Sur la constitution des élémens.

(Cette note se rapporte à l'article 5 du chap. I, du Liv. I et au chap. V du même livre ; plus

(1) Cette explication a été adoptée par son auteur quinze ans avant qu'il m'autorisât à la publier, et par conséquent vingt-huit ans avant le moment où j'écris ceci. Il est remarquable qu'il ait anticipé une proposition paradoxale, que les chimistes ont assez généralement adoptée et que Lavoisier énonce en ces termes: « Les molécules d'aucun corps ne se touchent dans la » nature. »

Cette proposition, déduite des phénomènes de la chaleur, sera discutée dans la note qui suit. Je me contente de remarquer que, comme le calorique (fluide discret et agité) entr'écarte certaines particules constituantes des corps, il est aisément concevable qu'un fluide beaucoup plus subtil et plus rapide entr'écarte les élémens dont certaines particules sont composées.

(*Note de l'éditeur.*)

particulièrement à l'art. 2 de ce dernier chapitre, qui traite de la perméabilité des élémens, et encore au chap. X, où la constitution des graves est discutée avec soin, mais surtout au §. 115 que l'on vient de lire).

On se souvient que Le Sage s'arrête à la conception d'élémens en forme de cages dont les barreaux sont d'un diamètre incomparablement plus petit que la distance des deux barreaux parallèles les plus rapprochés.

Je m'attends que des déterminations, en apparence si précises, seront envisagées par quelques personnes, sinon comme une objection, tout au moins comme une difficulté; et que l'on trouvera cette apparente régularité invraisemblable.

Je remarquerai à ce sujet: 1.° que les phénomènes exigent moins de régularité dans cette construction qu'il ne semble au premier coup-d'œil; et que, pourvu que la moyenne d'une immensité d'élémens donne les résultats observés, on peut sans inconvénient supposer entr'eux quelque diversité; 2.° que si Le Sage s'est arrêté à la conception des cages, c'est sans doute parce qu'étant parfaitement déterminée, elle est susceptible d'être aisément soumise au calcul. Des élémens de formes diverses dans l'origine n'ont-ils point pu, en se rapprochant par l'impulsion corpusculaire, construire des espèces de cages? Ne se pourroit-il point que les élémens fussent dans un mouvement oscillatoire, qui les tînt à d'assez grandes distances les uns des autres? Cette dernière

constitution ne seroit-elle pas analogue à celle qu'admettent les physiciens, qui pensent qu'aucun des élémens n'est en contact réel avec d'autres (1)? — Mais en ouvrant de telles vues, je me garde de les adopter; et je pense, qu'à moins qu'on ne les appuie par de solides raisonnemens, ou qu'on n'en ouvre de nouvelles et de plus probables, il sera bien d'imiter la sagesse de l'auteur de toute cette théorie, en s'en tenant à la construction qu'il a donnée.

Puisque j'ai touché ce sujet et que j'ai fait mention de l'opinion des physiciens, qui envisagent les élémens des corps comme n'étant pas en contact réel; il ne sera pas hors de propos de montrer en passant la foiblesse du seul argument que j'ai vu proposer en faveur de cette opinion; et je le ferai en transcrivant ici la note que j'envoyai sur ce sujet aux *Annales de chimie* en 1804, qui y a été insérée, *n.° 148, 31 germ. 12, p. 58* (2).

---

(1) N'auroit-elle pas quelque ressemblance avec la constitution des élémens considérés chimiquement, selon les conceptions de M. Ampère (*Ann. de chim., août* 1814. *Lettre à Berthollet, p.* 5, *etc.*); et avec les élémens considérés optiquement (Biot, *phys.*, t. IV, p. 123)?

(2) Il n'est pas hors de place de dire que je l'adressai directement à M. Berthollet; et que ce fut ce célèbre chimiste qui voulut bien se charger de la faire insérer dans le journal auquel elle étoit destinée.

* * *

Remarque sur une assertion de LAVOISIER, *répétée par d'habiles chimistes.*

« C'est un phénomène constant dans la » nature.... que lorsqu'on échauffe un corps » quelconque.... il augmente de dimension » dans tous les sens... Si après avoir échauffé » jusqu'à un certain point un corps solide et » en avoir ainsi écarté de plus en plus les » molécules, on le laisse refroidir, ces mêmes » molécules se rapprochent les unes des autres » dans la même proportion suivant laquelle » elles avoient été écartées; le corps repasse » par les mêmes degrés d'extension qu'il avoit » parcourus; et si on le ramène à la même » température qu'il avoit en commençant l'ex- » périence, il reprend insensiblement le vo- » lume qu'il avoit d'abord; mais comme nous » sommes bien éloignés de pouvoir obtenir » un degré de froid absolu; comme nous » ne connoissons aucun degré de refroidisse- » ment que nous ne puissions supposer sus- » ceptible d'être augmenté, il en résulte que » nous n'avons pas encore pu parvenir à rap- » procher le plus qu'il est possible les mo- » lécules d'aucun corps; et que par conséquent

» *les molécules d'aucun corps ne se touchent*
» *dans la nature ;* conclusion très-singulière,
» et à laquelle cependant il est impossible de
» se refuser. » *Traité élém. de chimie par* LAVOISIER. *T. I, p.* 1.

La même assertion est répétée (p. 18) à l'occasion d'un exemple tiré d'un vase rempli de petites balles de plomb. « Les balles se
» touchent, dit l'auteur, au lieu que les mo-
» lécules des corps ne se touchent pas, et
» qu'elles sont toujours maintenues à une pe-
» tite distance les unes des autres par l'effort
» du calorique. »

L'autorité dont ce célèbre chimiste jouit dans le monde savant est probablement la seule cause qui ait fait adopter cette conclusion. Il est du moins certain qu'elle n'est pas légitime, et que cependant elle a été souvent répétée. Elle l'a été en particulier dans un ouvrage récent, et qui n'est pas moins remarquable par la profondeur du raisonnement que par l'étendue des connoissances qu'il suppose. « La
» cohésion, y est-il dit, est l'effet de l'affinité
» que les molécules exercent les unes sur les
» autres, et qui les tient à une distance dé-
» terminée par l'équilibre de cette force avec
» celles qui lui sont opposées; car la propriété

» que les corps les plus compactes possèdent, » d'éprouver une diminution de volume par » les abaissemens de température, prouve » qu'*il n'y a pas de contact immédiat entre* » *leurs parties.* » *Essai de statique chimique par* BERTHOLLET, *T. I, p.* 24. §. 2.

Après tout, on ne sauroit être fort surpris qu'un auteur, qui entreprend et exécute avec succès un travail immense relatif à la chimie, s'en rapporte à l'un de ses plus célèbres devanciers sur la solidité d'un raisonnement qui touche aux principes de la physique; et cela est d'autant plus naturel, que ce raisonnement n'ayant point été contesté, et ayant été souvent reproduit, il y a en sa faveur une assez forte présomption pour dispenser de l'examiner avec soin, lorsqu'on n'a pas dessein de l'employer. Or, il ne me semble pas que, dans tout le cours du grand ouvrage que je viens de citer, on rencontre aucune conséquence qui dépende de ce raisonnement. Je regarde donc le passage que j'en ai extrait comme une mention occasionnelle d'un paradoxe singulier, plutôt que comme une thèse que l'auteur ait eu à cœur d'établir.

Quoiqu'il en soit, il arrivera infailliblement que l'assertion (même incidente) d'un auteur

justement respecté sera envisagée comme une preuve de sa vérité, et que les nombreux disciples de ce grand maître la répéteront avec confiance. Il est donc à propos de faire voir qu'elle n'est pas fondée, et de la réfuter directement dans un journal répandu, qui est lu surtout par ceux que cette erreur pourroit séduire.

Avant de procéder à cette réfutation, je dois faire une distinction essentielle. L'assertion est celle-ci : *Les molécules d'aucun corps ne se touchent*, ou, en d'autres termes, *il n'y a pas de contact immédiat entre les parties élémentaires des corps*. Or, à proprement parler, je n'entends point du tout nier cette assertion, comme aussi je ne me propose point de l'établir. Tout ce que j'ai dessein de faire est de montrer qu'elle n'est pas fondée, c'est-à-dire, qu'elle n'est pas légitimement conclue du principe duquel on la déduit. Ce principe est la *diminution de volume par les abaissemens de température*. Or, je dis que cette diminution ne prouve point du tout que les élémens des corps ne sont pas en contact immédiat; d'où il suit que, jusqu'ici, cette dernière assertion est gratuite : c'est là tout ce que j'ai dessein de prouver.

Maintenant donc, s'il y a des conceptions et des exemples nombreux, évidens, faciles à donner, de corps qui se dilatent et se condensent, sans que leurs parties cessent d'être en contact immédiat, il en faudra conclure que la dilatation et la condensation ne prouvent rien à cet égard; car pourquoi l'intelligence ne se prêteroit-elle pas à admettre quelques-unes de ces conceptions, à appliquer quelques-uns de ces exemples, dans le cas des élémens ?

1.° Concevez des particules alongées et unies par leurs extrémités, comme des branches de compas : elles peuvent tourner sur ces extrémités comme centres, et produire des condensations et dilatations successives de toute la masse apparente du corps.

2.° Une éponge sèche, un fruit sec, une mucosité sèche, étant plongée dans l'eau, se dilate sans que le contact sensible cesse; et réciproquement : c'est-à-dire, que l'éponge mouillée, le fruit, la mucosité humides, venant à se sécher, se condensent.

3.° L'exemple de la dilatation de la glace et de quelques métaux par la cristallisation, exemple formellement remarqué, étudié, et bien expliqué (en particulier par le second

des deux savans chimistes que j'ai cités) fait voir la fausseté de l'assertion que je réfute.

En lisant l'ouvrage de BERTHOLLET, et prenant note des choses qu'il m'importoit de retenir, ou sur lesquelles j'avois conçu des doutes; lorsque je rencontrai la phrase qui a donné lieu à toute cette discussion, j'écrivis ce qu'on vient de lire, c'est-à-dire, l'indication sommaire de trois conceptions ou exemples propres à éclaircir le sujet.

Je ne pensois pas à soumettre ma remarque à ses juges naturels, lorsque, cinq ou six semaines après, occupé d'un travail tout différent, je trouvai dans les papiers d'un savant physicien (1), qui m'ont été confiés à sa mort, une carte qui contenoit la même remarque, mais sous la forme la plus abrégée et par simple indication. Comme elle offre une variété d'exemples et de conceptions analogues à celles que je viens d'exposer, et pourtant différentes, je vais la transcrire ici textuellement.

---

(1) G. L. LE SAGE.

NOTE DE G. L. LE SAGE.

« *Moyens de montrer que cela est inconséquent.* »

« 1. Quatre doigts d'une main, introduits » plus ou moins avant dans les quatre inter- » valles des doigts de l'autre main.

» 2. *Idem*, d'un couple de brosses, ou de » cardes, ou de peignes.

» 3. Coton ou crin cardé, et moussé.

» 4. Neige.

» 5. Agitation ou oscillation, qui rend les » mêmes particules alternativement contiguës » et séparées, plus de mille fois par minute. »

C'est la lecture de cette note qui m'a déterminé à publier la mienne; non-seulement parce que je me suis senti autorisé par cet accord, mais encore pour rendre un premier hommage à la mémoire d'un philosophe aussi modeste qu'ingénieux, et pour commencer en quelque sorte à exécuter ses volontés, en publiant au moins une de ses notes sans y faire aucun changement. La dernière conception offerte dans cette courte note donnera lieu probablement à quelques physiciens de réfléchir de nou-

veau sur ce sujet, et peut-être de se rapprocher un peu des opinions de celui qui l'a écrite.

* * *

Telle est ma remarque, transcrite des *Annales*, et à laquelle il me semble inutile de rien ajouter; si ce n'est que l'on peut voir, par le *Supplément* qui précède, combien, en réfutant un raisonnement en faveur de l'entr'écartement des élémens, nous étions loin (Le Sage et moi) de nier cet entr'écartement.

Fin du premier Traité.

SECOND TRAITÉ.

QUELQUES NOUVELLES APPLICATIONS

DES PRINCIPES

EXPOSÉS DANS LE PREMIER TRAITÉ

1. Aux gaz,

2. A la lumière.

PAR P. PREVOST.

LIVRE PREMIER.

APPLICATION DES PRINCIPES EXPOSÉS DANS LE PREMIER TRAITÉ A QUELQUES PHÉNOMÈNES, PUREMENT MÉCANIQUES, DES GAZ.

INTRODUCTION.

L'OBJET de ce livre est de considérer quelques propriétés mécaniques des gaz, pour reconnoître quelles sont les conséquences de la théorie générale des fluides élastiques exposée ci-dessus (1).

§. 1. Tout semble dit à cet égard, puisque la loi de BOYLE ou de MARIOTTE est le principe duquel on déduit toutes les propriétés mécaniques des gaz, et que cette loi a été dérivée de la théorie (2); mais dans cette première déduction, il est exclusivement ques-

(1) 1.er Traité, §. 89.

(2) *Ibid.*, §. 90.

tion de la pression exercée sur des solides imperméables, sur lesquels repose une masse d'air; et pour certains phénomènes mécaniques cela ne paroît pas suffire : par exemple, la loi de condensation des couches successives d'une atmosphère exige quelques considérations ultérieures. Ces considérations ont été rassemblées par l'auteur dans sa réponse à une question sur ce sujet (1); mais la démonstration contenue dans cette réponse est suivie d'éclaircissemens qui semblent la compliquer inutilement. Je la présenterai, je crois, sous une forme plus simple.

§. 2. Indépendamment de cet objet particulier, je me propose de prendre en considération, d'une manière générale, les propriétés purement mécaniques qui distinguent les différens gaz; les effets de leur mélange; enfin quelques phénomènes de condensation ou de raréfaction, tant permanente qu'accidentelle.

C'est toujours sous le même aspect que je les envisagerai; mais ici la manière dont les faits se lient à la théorie m'a paru devoir être explicitement exposée, et non simplement indiquée comme une conséquence implicite de la loi de BOYLE ou de MARIOTTE.

(1) 1.er Traité, §. 109.

§. 3. Ceux de mes lecteurs qui ont suivi avec soin l'exposition de la théorie, qui sert de base à tout ce traité, n'ont besoin sans doute d'aucune explication préliminaire ; mais il ne sera pas inutile peut-être de répéter ici le seul principe fort simple, qui, dans ce qui va suivre, sera constamment supposé.

Il résulte de la théorie exposée ci-dessus (1), qu'un *fluide élastique* (tel que l'air, par exemple) *est un fluide discret, dont les particules se meuvent indépendamment les unes des autres.* La rapidité de ce mouvement est la même, par une moyenne, dans un même fluide ; elle diffère dans les fluides hétérogènes; ces particules laissent entr'elles de grands intervalles vides. De cette simple constitution, on déduit régulièrement la loi de BOYLE ou MARIOTTE, relative au rapport entre l'élasticité et la densité d'un gaz.

§. 4. Il sera bien d'insister un peu ici sur la différence de cette théorie et de celle de plusieurs autres physiciens.

NEWTON, suivant la remarque de LE SAGE (2), a bien considéré des fluides dis-

(1) 1.er Traité, Liv. III, §§. 88 et suiv.

(2) 1.er Traité, §. 64.

crets (1), mais il ne les envisageoit qu'en repos, et nous pensons qu'ils sont en mouvement : il leur attribue une vertu répulsive, et nous croyons que leur mouvement seul suffit à expliquer les principaux phénomènes.

L'autorité de NEWTON a donné beaucoup de faveur à son hypothèse sur la constitution des fluides élastiques; et même, comme il arrive, on a été au-delà des bornes que ce philosophe s'étoit prescrites en traitant ce sujet. Il avoit posé simplement une hypothèse mathématique (2), et on l'a présentée comme une vérité physique démontrée (3).

---

(1) Qu'il nomme *rares* ou *non-continus*, 23 et 35, II, *Princip.* et ailleurs.

(2) An vero fluida elastica ex particulis se mutuo fugientibus constent, quæstio physica est. Nos proprietatem fluidorum ejusmodi particulis constantium mathematice demonstravimus, ut philosophis ansam præbeamus quæstionem illam tractandi. 23, II, *Princip.*

(3) Cette manière de présenter l'opinion de NEWTON est si commune, que les savans les plus justement célèbres se sont exprimés quelquefois de façon à lui donner crédit. Je n'en citerai qu'un seul exemple. « Nous pouvons supposer que les particules des li-» quides, et probablement celles des solides, possèdent » cette propriété de répulsion que *NEWTON a prouvé*

Le poids de l'autorité la plus respectable ne doit pas nous empêcher de discuter une opinion. L'hypothèse mathématique de NEWTON sur la constitution des fluides élastiques mérite toute la faveur dont elle jouit, considérée sous le point de vue sous lequel l'auteur l'a proposée ; c'est-à-dire, comme un principe fictif duquel on peut tirer des conséquences applicables aux faits de la nature : envisagée comme la représentation fidèle de la nature, elle ne paroît pas admissible.

Une partie de cette hypothèse est à la vérité tout-à-fait vraisemblable. Des phénomènes nombreux attestent que les fluides subtils jouent librement dans des lieux occupés par d'autres fluides (1). D'autres raisons encore

» *démonstrativement exister dans les fluides aériformes,* » et qui varie selon la raison simple de la distance des » particules entr'elles. » Dr. T. YOUNG, *Essay on the cohesion of fluids. Trans phil.* 1805, *Part.* 1, *p.* 81.

(1) 1.er Traité, Liv. I, chap. VIII, p. 79. Dans ces derniers temps, les phénomènes du calorique rayonnant offrent un nouvel exemple de cette vérité ; puisque nous savons que ce fluide parcourt, à travers l'air, de grands espaces en ligne droite dans un instant sensiblement indivisible. Les grandes et subites dilatations des gaz, que présentent la fermentation, la détonation et autres phénomènes analogues, ne semblent pas com-

doivent engager à admettre des fluides discrets, et les fluides aériformes semblent bien appartenir à cette classe (1); mais la fiction d'un fluide discret en repos exige un équilibre général de diverses répulsions, soit entr'elles, soit avec la pesanteur, qu'il est difficile d'admettre et peut-être de concevoir comme existant dans la nature. On verra même que, pour employer cette hypothèse à l'explication de quelques phénomènes qui indiquent des fluides discrets, on est forcé de la charger d'autres

---

patibles avec la continuité de leurs particules élémentaires.

(1) Et en effet, les expressions de quelques physiciens et chimistes célèbres indiquent un penchant à concevoir les particules des substances gazeuses comme étant libres et mobiles, sans toutefois que le mode de cette mobilité soit déterminé dans cette conception. C'est ainsi que Sir H. Davy, dans ses belles recherches sur la flamme, attribue la propriété qu'ont les gaz les plus légers d'enlever plus de calorique aux corps solides que les gaz pesans, à la mobilité de leurs parties, comme à une cause probable. Et, dans une note, il remarque que les particules les plus légères doivent naturellement changer de place avec plus de facilité; ce qui montre que cet habile chimiste suppose une telle mobilité dans tous les gaz. *Some new researches on flame*, lues en janvier 1817, imprimées dans les *Trans. phil.* (pag. 17 de l'impression détachée de ce Mémoire particulier).

hypothèses subordonnées qui la compliquent et la rendent toujours plus invraisemblable (1).

§. 5. Je terminerai ces remarques préliminaires par une observation relative au but général des applications contenues dans ce premier livre. Nous les envisageons comme très-probablement fondées sur les vraies lois de la nature, et comme représentant les phénomènes observés avec plus de vérité que toute autre théorie ne pourroit faire. Cependant la théorie même que nous appliquons de la sorte ne dépend pas de la justesse de nos raisonnemens à cet égard; car il se pourroit très-bien que les gaz fussent des fluides continus, et que toutefois d'autres fluides, tels que le calorique, la lumière, le fluide électrique, le fluide magnétique, et plusieurs fluides subtils connus, soupçonnés, ou tout-à-fait inconnus, fussent constitués comme le sont, dans la théorie qui nous sert de base, les fluides auxquels nous tentons d'assimiler les gaz. Cette observation, qui est un simple acte de justice à l'égard de la théorie, ne doit pas être envisagée comme devant répandre du doute et de la défaveur sur nos applications, qui doivent être jugées d'après l'examen qu'on leur aura fait subir.

---

(1) Voyez le §. 10 de ce Livre.

CHAPITRE PREMIER.

Des gaz hétérogènes.

ARTICLE 1.

Du poids et de l'élasticité des gaz.

§. 6. L'HÉTÉROGÉNÉITÉ de deux gaz, quant à leurs propriétés purement mécaniques, se manifeste par leur poids et leur élasticité. L'un et l'autre, dans notre théorie, dépendent de la vitesse des particules de ces gaz; savoir, pour le poids de la vitesse verticale, et pour l'élasticité de la vitesse en tout sens. En plusieurs cas, et en particulier si l'on mesure ces deux propriétés par leur impression sur quelque corps solide, il faut joindre à la considération de la vitesse celle de la masse de chaque particule, et celle du nombre de ces particules. Comme nous n'avons rien à dire de la masse de chaque particule, nous ne parlerons ici que de leur vitesse et de leur nombre. Sous volume égal, le nombre des particules est ce que nous nommons la *densité* du fluide.

§. 7. *Le poids d'un fluide élastique, contenu dans un vase clos, ne peut être*, dans notre théorie, *que la différence des chocs contre le fond et contre le couvercle.* Les ascensions aérostatiques dépendent de la supériorité de cette différence dans un air dit *plus pesant.* Qu'un ballon soit rempli de gaz hydrogène et placé dans l'air atmosphérique ; il y déplace un volume de fluide dont le poids étoit plus grand que le sien, et il est pressé inférieurement par une couche qui faisoit équilibre à celui-ci. Il est élevé en conséquence par une force, dont l'expression est la différence des deux poids : interprétée par la théorie, cette proposition signifie, que l'excès des chocs dans le sens de la pesanteur est moindre pour le ballon rempli de gaz hydrogène, qu'il ne seroit pour un ballon rempli de gaz atmosphérique; et que la différence de ces deux excès de force élève le ballon.

§. 8. L'élasticité, qui tient le ballon enflé, ne dépend pas de la pesanteur, mais de la force de percussion des particules en tout sens; force, qui résulte de la constitution propre du gaz. Si l'on fait abstraction des différences de masse dans les particules isolées, on peut dire que, sous une même pression, le nombre des

particules dans un même espace, ou la densité du fluide, est en raison inverse de son élasticité, ou de la vitesse de ses particules. Celles-ci en effet doivent s'entr'écarter d'autant plus que leur vitesse est plus grande; or, à masses égales, l'intensité des chocs dépend de la vitesse des particules : donc, en général, *plus un fluide est rare, plus il doit être élastique.* C'est bien ce qu'atteste l'expérience; puisqu'un ballon, ou une bulle de savon, contenant un gaz plus léger que l'air atmosphérique, ne laisse pas de soutenir toute la pression de celui-ci sans se désenfler.

ARTICLE 2.

Du mélange des gaz.

§. 9. Nous supposerons deux ou plusieurs gaz hétérogènes, constitués selon nos principes, et dont les particules n'exercent les unes sur les autres aucune influence mutuelle. Si une atmosphère est composée de deux ou plusieurs gaz pareils; chacun d'eux, à chaque couche, sera de la même densité dont il seroit, si l'on venoit à supprimer les autres gaz; puisque leurs particules sont supposées éloignées les unes des autres, et sans influence mutuelle.

Reciproquement, si, dans une atmosphère composée d'un seul gaz, on verse une atmosphère d'un autre gaz, puis encore une atmosphère d'un troisième gaz, et ainsi de suite; on ne changera nullement la densité d'aucune couche du premier, ni du second, etc. Chacune de ces couches restera ce qu'elle étoit avant ces versemens, et n'éprouvera aucune pression ou condensation nouvelle.

Telle est la vérité reconnue empiriquement par M. DALTON, et que cet ingénieux physicien a exposée avec soin. Je crois pouvoir me contenter des preuves qu'il en a données, et m'abstenir d'insister, en faisant voir en détail qu'à cet égard l'expérience est conforme à ce qu'annonce notre théorie.

§. 10. Il est bien vrai que M. DALTON explique ces faits par la théorie neutonienne (1); mais c'est en recourant à une addition peu vraisemblable, quoique sans doute fort ingénieuse; savoir, que les mêmes particules, qui repoussent leurs homogènes, n'affectent en aucune manière les hétérogènes.

§. 11. M. DALTON a encore fait voir, par des expériences simples et concluantes, que si,

(1) Qui n'est qu'une simple hypothèse mathématique, (§. 4).

dans un vaste clos, on met un gaz léger au-dessus d'un gaz pesant; quelque soin que l'on prenne de ne les point mêler par voie d'agitation, le mélange s'opère insensiblement en plus ou moins de temps; en sorte que peu-à-peu le gaz léger descend en partie au fond du vase (1).

Pour les physiciens qui ne s'occupent que de fluides continus, ce phénomène semble très-difficile à expliquer. Pour ceux qui, comme M. Dalton et comme nous, conçoivent les gaz sous la forme de fluides discrets, ce phénomène n'est qu'une conséquence nécessaire de leur constitution. Il seroit peut-être, pour ces derniers, plus difficile de dire pourquoi le phénomène ne se manifeste pas plus promptement, que de dire pourquoi il se manifeste. J'aurai occasion (§. 25) d'indiquer la cause probable de cette anomalie, qui ne pourroit être mentionnée ici sans confusion et sans de vaines répétitions.

---

(1) Les Mémoires de M. Dalton où est exposée sa doctrine relative au mélange des gaz, se trouvent dans les *Mémoires de Manchester*, *T.* 5, *Part.* 2, (extrait dans la *Bibl. Brit.*, *T.* 20, *pag.* 325); dans une *lettre de J. Dalton à Nicholson* (*Bibl. Brit.*, *T.* 22, *pag.* 209); et dans les *Mémoires de Manchester*, 2.de *série*, *T.* 1, (extrait *Bibl. Brit.*, *T.* 33, *pag.* 116).

CHAPITRE II.

Des condensations permanentes d'un fluide élastique homogène.

§. 12. Je n'ai, dans ce chapitre, qu'un seul objet en vue. C'est de donner une démonstration de la loi de densité des couches d'une atmosphère pesante homogène, démonstration d'une forme un peu plus simple que celle que j'ai extraite d'une correspondance de Le Sage (1). Il s'agit donc de faire voir que, d'après nos principes, *la densité des couches horizontales, d'égale épaisseur, doit décroître selon une progression géométrique, tandis que leurs hauteurs croissent selon une progression arithmétique.*

§. 13. Supposons une atmosphère parvenue à son état permanent : il y a donc équilibre entre ses différentes parties; et comme il s'agit d'un équilibre mobile (2), cela signifie que,

(1) 1.er Traité, §. 109.

(2) Je ne pense pas qu'il soit nécessaire de donner

dans des temps égaux, les parties contiguës font des échanges égaux de particules. Divisons une colonne de cette atmosphère en couches horizontales, d'égale épaisseur, assez minces pour que, dans chacune, on puisse regarder la densité comme uniforme.

PRINCIPE. *Les émissions sont en raison composée du nombre et de la vitesse des particules.*

Le nombre des particules est ce qu'on nomme la *densité* du fluide ; (§. 6.) puisque le volume donné, celui d'une couche, est constant.

Ainsi, pour calculer l'émission d'une couche en un sens donné, dans un temps donné, il faudra reconnoître 1.° la densité ; 2.° la vitesse dans le sens donné ; 3.° l'aliquote de la densité, qui constitue l'émission lorsque la vitesse est égale à *un*. Cela connu, on aura l'émission en multipliant cette aliquote par la vitesse donnée.

---

aucune explication sur la nature de cet équilibre ; elle est clairement expliquée dans des ouvrages qui sont entre les mains de tous les physiciens ; en particulier dans HAÜY, *Traité élém. de phys.*, 2.de édit., §. 151 ; et dans BIOT, *Traité de phys. exp. et math.*, T. IV, p. 647.

Soit v, la vitesse propre du fluide, indépendante de la pesanteur; p, la vitesse moyenne produite par la pesanteur; et partant, $v+p$ la vitesse verticale de haut en bas; $v-p$, de bas en haut.

Soient trois couches immédiatement successives, placées à une hauteur quelconque, et dont les densités, à compter du bas,

soient . . . . a, b, c,

Que δ représente l'aliquote qui constitue l'émission, pour la vitesse *un*; en sorte que, dans ces trois couches, pour cette vitesse-là, les émissions soient . . . . δa, δb, δc,

On aura les émissions inférieures. . . . . $\delta a(v+p)$, $\delta b(v+p)$, $\delta c(v+p)$,

les supérieures. $\delta a(v-p)$, $\delta b(v-p)$, $\delta c(v-p)$,

Mais, à cause de l'équilibre, on a les égalités suivantes :

$$\delta a(v-p)=\delta b(v+p); \delta b(v-p)=\delta c(v+p); \text{etc.}$$

$$\text{ou } a(v-p)=b(v+p); b(v-p)=c(v+p); \text{etc.}$$

D'où, $a:b=v+p:v-p$; $b:c=v+p:v-p$; etc.

C'est-à-dire, en général : La densité d'une couche quelconque est à celle de la couche immédiatement supérieure, en rapport constant. Donc, les hauteurs croissant en progression arithmétique, les densités décroissent en progression géométrique.

La démonstration précédente part du principe que, dans une atmosphère pesante arrivée à l'état permanent, la vitesse moyenne produite par la pesanteur est la même à toute hauteur.

Ce principe paroîtra d'abord contestable; mais on l'accordera en prenant en considération les raisons alléguées par LE SAGE (1), pour établir qu'à toute hauteur la vitesse moyenne des particules est la même.

Cela signifie que la vitesse produite par la pesanteur, dans les particules d'un fluide constitué comme nous l'avons fait, arrive très-vite à une certaine vitesse terminale.

Cette assertion sera encore plus solidement établie par une propriété des particules dont nous parlons, qui a déjà été occasionnellement mentionnée (2), et qui sera exposée en détail dans le livre suivant (3).

On y verra que des particules qui se meuvent en vertu de la pression exercée sur leur concavité, ne peuvent point être attirées vers la terre, sans qu'aussitôt il naisse pour elles

---

(1) 1.er Traité, §. 109.
(2) *Ibid.* §. 114, *note.*
(3) 2.^{d} Traité, Liv. II, §. 10.

une cause de répulsion qui tend à les en éloigner.

De cette combinaison de forces opposées, il doit résulter, à toutes les hauteurs de l'atmosphère, une vitesse de pesanteur terminale et uniforme (1).

§. 14. *Remarque.* Puisque le rapport de densité de deux couches consécutives d'une atmosphère pesante est celui de $v+p$ à $v-p$ (v étant la vitesse propre des particules du fluide, et p la vitesse verticale moyenne produite par la pesanteur), on en peut conclure que, *dans les fluides dont les particules sont plus rapides* (2), *le rapport de la densité*

---

(1) Sur cette assertion, ainsi motivée, j'ai deux remarques à faire. La 1.ere, que le courant attractif, qui produit la pesanteur, agissant sur des particules grossières, composées, poreuses, ne peut avoir la même force pour produire des répulsions, que quand il agit sur des molécules lumineuses, probablement beaucoup plus subtiles et exemptes de pores ; mais que toutefois la répulsion doit avoir quelque effet. La 2.de, que nous négligeons ici, dans l'exposition de la loi, toutes les circonstances accessoires; et en particulier l'effet de la distance variable des particules au centre d'attraction générale, c'est-à-dire, au centre de la terre.

(2) Par conséquent, dans les fluides plus légers et plus élastiques, (§. 8.)

ou de MARIOTTE, le moins dense supportera un poids de 100 livres, tandis que le plus dense en supportera 200. Si l'on fait hausser également la température dans les deux récipiens, il pourra arriver que le moins dense supporte 120 liv.; en ce cas le plus dense en supportera 240, de manière que les accroissemens d'élasticité seront exprimés par les nombres 20 et 40, qui sont entr'eux comme les densités primitives.

§. 16. Cette loi paroît résulter de la constitution qu'assigne aux fluides élastiques la théorie que nous avons adoptée. En effet, le calorique augmente l'élasticité. Ce ne peut être, dans cette théorie, qu'en imprimant aux particules du fluide une vitesse additionnelle. Or, comme cette cause agit à la fois sur toutes les particules, il est certain que plus il y en a et plus l'effet doit se manifester.

Du reste, dans l'état avancé auquel la science est parvenue depuis l'époque où furent faites les expériences que je viens de rapporter, on ne peut les citer avec une pleine confiance; et je les rappelle ici comme un début honorable dans une carrière que d'autres ont parcourue ou achèveront de parcourir.

ARTICLE 2.

Dilatation des gaz par le calorique.

Mr. GAY-LUSSAC a déterminé, par des expériences exactes, la loi de dilatation des gaz par le calorique. Cette loi consiste en deux points : 1.° sous même pression, à température égale, tous les gaz se dilatent également (1) ; 2.° la dilatation de 0° à 100° du thermomètre centigrade est proportionnelle à la chaleur mesurée par la dilatation du mercure.

§. 18. Deux gaz hétérogènes diffèrent, quant à leur élasticité, par le nombre des particules et par la quantité de mouvement de chacune d'elles; mais ni la masse ni le nombre des particules ne varient dans les expériences qui établissent cette loi. Il reste donc à considérer uniquement la vitesse; cette vitesse, bien que différente dans les deux gaz, est l'effet d'une même cause, modifiée par la masse ou par la figure des particules constituantes de chacun

(1) Ce beau résultat a été étendu et généralisé par MM. DULONG et PETIT. Voyez *Ann. de Chim. et de Phys.*, T. 7, p. 123.

de ces gaz ; cette cause est très-probablement la pression exercée sur une concavité faisant office de poupe (1). On pourroit concevoir aussi que ce fût l'inégalité des courans gravifiques ; mais c'est une supposition qui, pour les gaz, est improbable (2). Du reste, quelle qu'elle soit, la cause est sans doute la même pour les deux gaz : puis donc qu'une même cause produit, dans les deux espèces de particules, deux vitesses d'intensités différentes ; il y a lieu de croire qu'une autre même cause additionnelle, agissant semblablement sur ces deux espèces de particules, y ajoutera des vitesses proportionnelles à celles qu'a produites en elles la première cause. Le calorique est évidemment une cause d'élasticité ; et, dans nos principes, l'élasticité ne peut différer, en ce cas, que par la vitesse des particules. Il y a donc tout lieu de croire que la même température produira dans tous les gaz une même élasticité ; ou, en d'autres termes, que, sous même pression, à température égale, ils se dilateront également.

§. 19. De même, dans un seul gaz, suc-

---

(1) 1.er. Traité, §. 94 et suiv.

(2) *Ibid.*, §. 92.

cessivement échauffé, la vitesse des particules, augmentant de degré en degré, augmente proportionnellement l'élasticité, et par conséquent la dilatation, sous une même pression. Le rapport de cette dilatation du gaz à celle du mercure, dans l'intervalle de 0° à 100°, devient ainsi une confirmation de cette vérité (qui paroît suffisamment établie d'ailleurs), que, dans ce même intervalle, les degrés de dilatation du mercure sont sensiblement proportionnels aux accroissemens de chaleur.

ARTICLE 3.

Mouvemens produits par le rapprochement de différens gaz comprimés par leur propre poids.

Nous avons vu que deux gaz ne peuvent différer, quant à leurs propriétés mécaniques, que par le poids et par l'élasticité; que le poids dépend de la densité, et l'élasticité de la vitesse des particules; que la densité suit la raison inverse de la vitesse des particules (§. 6 et suiv.); que l'émission dans le sens horizontal est comme le produit de la vitesse des particules par la densité du fluide; enfin que l'émission de haut en bas et l'émission de

bas en haut sont; la première, comme la somme; la seconde, comme la différence, de deux vitesses, dont l'une est la vitesse constitutionnelle des particules et l'autre la vitesse moyenne que leur imprime la pesanteur. Nous avons vu résulter de là une loi sur la densité des couches d'une atmosphère pesante; et nous en avons tiré cette conséquence, que plus le fluide est élastique, plus le rapport de deux couches voisines approche du rapport d'égalité (§. 14).

§. 20. Soient deux atmosphères hétérogènes, contiguës, mais séparées par un diaphragme, reposant l'une et l'autre sur un même plan horizontal, et également élevées au-dessus de ce plan.

Chacune, par un effet de sa constitution naturelle, combinée avec l'action de la pesanteur, a dès long-temps disposé ses couches de manière à satisfaire à la loi requise pour l'équilibre (§. 13). Et, puisque les deux gaz sont hétérogènes, c'est-à-dire, puisque l'un est moins pesant et plus élastique; que les particules sont moins rapprochées et ont plus de vitesse; cette atmosphère-là présentera moins d'inégalité dans la densité de deux couches (1) successives

(1) Il s'agit toujours de couches, ou tranches, horizontales.

d'égale épaisseur, que n'en présentent deux couches successives pareilles de l'autre atmosphère (§. 14). Supposons, en outre, qu'à un point quelconque de la hauteur de ces atmosphères il y ait, dans chacune, une couche, qui soit en état de faire équilibre (1) à sa correspondante; en sorte qu'à ce point-là (la vitesse compensant la densité) l'émission du fluide le plus pesant égale l'émission du fluide le plus léger. Que cette couche d'équilibre soit la n^{me}.

Tout cela étant entendu; si l'on supprime le diaphragme; je dis, 1.° que la n^{me} couche du gaz pesant fera avec sa contiguë, qui est la n^{me} du gaz léger, des échanges égaux; 2.° qu'au-dessus et au-dessous, les échanges des couches contiguës des deux gaz différens seront inégaux; 3.° qu'au-dessous de la n^{me} couche, l'émission du gaz pesant surpassera celle du gaz léger, et qu'elle la surpassera plus dans une couche plus basse que dans une couche moins basse; 4.° qu'au-dessus de la n^{me} couche l'émission du gaz léger surpassera celle du gaz pesant, et qu'elle la

(1) Il s'agit toujours d'équilibre mobile. (Voyez la note au §. 13).

surpassera plus dans une couche plus haute, que dans une couche moins haute. Tout cela résulte si évidemment du rapport établi ci-dessus entre les densités de deux couches successives (1), que je ne crois pas nécessaire d'en développer la preuve.

§. 21. Il suit de là, que, dans la partie inférieure (c'est-à-dire, au-dessous de la n^{me} couche), chaque couche du fluide léger aura un excès de densité par rapport à celle qui est placée immédiatement au-dessus d'elle, et que par conséquent elle fera de bas en haut une émission plus grande que celle qui est requise pour l'équilibre. Il résultera, de cette suite d'ascensions excédantes, un vent vertical de bas en haut.

L'inverse de tous ces effets aura lieu dans la partie supérieure (au-dessus de la n^{me} couche). Les couches du fluide pesant feront de haut en bas des émissions excédantes. Il s'y rétablira un vent vertical de haut en bas. Il y aura donc un double courant, l'un de bas en haut dans l'atmosphère légère, l'autre de haut en bas dans l'atmosphère pesante. Et ces deux courans, s'unissant à l'origine, feront une espèce de tourbillon.

---

(1) $\nu + p : \nu - p$ (§. 14).

C'est sans doute ce qui arriveroit, si on rapprochoit subitement une atmosphère de gaz hydrogène d'une atmosphère de gaz acide carbonique.

Mais c'est précisément ce qui arrive si, en ouvrant une porte, on met en communication l'air de deux chambres, dont l'une est froide et l'autre chaude. Si l'on porte la flamme d'une bougie à un certain point vers le milieu de la hauteur de la porte, elle reste tranquille ; si on l'abaisse, elle indique un vent du froid au chaud ; si on l'élève au-dessus du point de repos, elle indique un vent du chaud au froid (1).

§. 22. Que l'on place une masse de gaz léger, libre, dans une atmosphère de gaz plus pesant (de l'air chaud dans de l'air froid de notre atmosphère); cet air, léger et libre, représentera la partie inférieure de l'atmosphère dont nous venons de nous occuper, et formera en conséquence un vent ascendant (§. 21). C'est en effet ce qu'on observe.

---

(1) Cette facile expérience est, je crois, de B. FRANKLIN.

CHAPITRE IV.

Des condensations accidentelles produites par une impulsion extérieure ; ou, du son.

Si je dis un mot de la théorie du son, je prie que l'on fasse attention au point de vue sous lequel je l'envisage. Je n'ai pas la prétention de traiter de cette difficile théorie sous le point de vue mathématique, ni d'ajouter des propositions nouvelles à celles que les plus célèbres géomètres et physiciens ont déduites des principes reçus en cette matière. Mon unique dessein est de concilier cette théorie avec celle des fluides élastiques de Le Sage. Je n'ai connoissance d'aucune tentative faite dans le même but. J'ai tout lieu de croire que Le Sage, entraîné par d'autres recherches, s'étoit abstenu de ce sujet. Quoi qu'il en soit, ce que j'en dirai doit être reçu comme un simple essai. Quelque jour peut-être cette matière sera remaniée avec plus de succès par ceux qui auront goûté nos

principes, et qui sauront les appliquer aux phénomènes les plus compliqués. Pour moi, me bornant à un seul objet, je vais offrir une conception, qui me paroît pouvoir devenir une source d'explications satisfaisantes. Je finirai par deux remarques moins importantes.

ARTICLE 1.

De l'isochronisme des ondes sonores.

§. 23. Le phénomène principal auquel je m'attache dans la théorie du son, et dont j'ai à cœur de faire concevoir la possibilité, est celui-ci : *Les ondes sonores sont isochronés.* En effet, quoique le son varie en intensité, sa vitesse (à quelques nuances près) demeure constante dans un même milieu. Or, comme on sait que chaque onde est produite par la percussion du corps sonore, il y a lieu de demander, comment la vitesse, que ce corps communique à des particules isolées et indépendantes, n'est pas variable selon l'intensité de cette percussion.

§. 24. Le principal caractère des vibrations d'un corps sonore est leur rapidité. Elles atteignent du même choc un nombre immense

de particules du milieu. Ces particules, poussées toutes à la fois, lancées d'un même centre, et précipitées vers des endroits où le fluide abonde, arrêtent mutuellement leurs mouvemens.

Elles forment donc une espèce d'entassement, dont le centre est la partie vibrante du corps sonore. Cette onde est comme arrêtée un instant, les particules ne pouvant se dégager. Mais presque aussitôt, par l'action de la cause perpétuelle qui les agite (1), elles se dégagent; une partie est refoulée vers le centre; le reste est précipité en avant avec toute la vitesse naturelle du fluide, mais en si grande abondance (malgré le refoulement), que, trouvant partout un fluide qui les gêne, elles sont arrêtées de nouveau; il se forme un second engorgement, concentrique au premier. Et ainsi de suite.

Ce mode de propagation des ondes sonores ne peut manquer de produire l'isochronisme; car la vitesse y dépend de celle qui est naturellement inhérente aux particules du fluide; or, cette vitesse constitutionnelle est constante.

§. 25. On trouvera, sans doute, que je

(1) 1.er Traité, §. 94.

m'écarte beaucoup ici des conceptions qui, dans le cours de ce livre, nous sont, pour ainsi dire, devenues habituelles. Je suppose tout-à-coup une grande gêne, là où auparavant je supposois une grande liberté.

Sur cette difficulté, j'ai à faire les observations suivantes : 1.° La gêne dépend essentiellement de la vitesse des impulsions. Toute impulsion condense l'air. Si l'impulsion est très-rapide, elle ne manquera pas de produire une condensation extrême, qui enfin pourra occasionner quelque entassement et quelque gêne. 2.° Quoique je n'aie pas voulu mêler à tout ce qui précède les effets des chocs, ou des gênes légères que peuvent éprouver les particules des gaz, on ne peut regarder ces chocs et ces gênes comme absolument nuls et sans effet. Il paroît seulement qu'en général, dans les phénomènes qui faisoient l'objet de nos recherches, ils nuisoient peu aux résultats. Ils nuisent pourtant plus ou moins à quelques-uns : car par quelle autre cause, par exemple, faudroit-il quelques heures à un gaz léger pour se mêler au gaz inférieur plus pesant que lui, et atteindre le fond au degré requis par sa nature ? Il y a donc déjà de la gêne, même dans les condensations naturelles et perma-

nentes. Mais lorsque les condensations sont foibles et graduées, les gênes qui en résultent n'ont pas la même influence que lorsqu'elles sont violentes et soudaines. 3.° Une partie des phénomènes qui nous ont occupés n'est pas altérée par les chocs, à cause du principe de la conservation des forces vives (1).

§. 26. Du reste, on remarquera que la conception que je viens de proposer, pour la propagation du son, est calquée sur celle que l'on a coutume de donner, en considérant l'air comme composé de particules répulsives, ou comme un fluide continu.

§. 27. Peut-être sera-t-il bien de faire mention d'un autre point de vue de ce sujet, qui ne suppose aucun entassement.

Principe. Admettons (comme cela résulte de nos principes généraux) que la vitesse des particules d'un gaz ne peut pas se conserver au-dessus de leur vitesse naturelle et constitutive. Cette limite de vitesse est l'effet de la résistance produite par la cause même de la vitesse. Cette cause se limite elle-même,

---

(1) Voyez ce principe employé par Le Sage à l'explication d'un phénomène de ce genre. (1.[er] Traité, §. 109.)

et ramène forcément la particule à sa vitesse primitive dans un temps trop court pour que les phénomènes le laissent apercevoir (1).

A l'aide de ce principe, on peut concevoir l'isochronisme des ondes sans aucun entassement; car chaque vibration du corps sonore, étant conçue plus rapide (ou aussi rapide) que la vitesse des particules, sera réduite instantanément à la commune mesure, que l'on observe dans la propagation du son (2).

ARTICLE 2.

Autres remarques.

J'ai encore deux remarques à faire sur le son; l'une sur celui que l'on attribue quelquefois à une raréfaction, l'autre sur le son réfléchi.

§. 28. *Remarque* 1. Dans la détonation du gaz hydrogène avec l'oxygène, on attribue assez généralement le son à la production d'un

---

(1) 1.er Traité, §. 100.

(2) Quoique j'offre cette conception, je préfère la précédente, parce qu'il me paroît que la formation d'ondes sonores dans le phénomène du son est suffisamment attestée, et tout au moins fort généralement admise.

de réflexion de la théorie des ondes ; il n'y aura peut-être pas beaucoup plus de difficulté à la déduire de celle que nous avons exposée ; puisqu'on vient de voir qu'elle explique la formation des ondes. Mais il y a long-temps que d'habiles physiciens ont refusé d'admettre la loi de la catoptrique dans la réflexion du son. L'écho et tous ses phénomènes s'expliquent fort bien en concevant que tout point d'une surface, qui réfléchit le son, devient le centre de nouvelles ondes, sans aucune détermination de direction. Comme il est peu vraisemblable que les particules des gaz soient parfaitement élastiques ; comme elles sont plus probablement de la nature des corps durs ; la réflexion doit probablement s'opérer de la manière que je viens de rappeler, et qu'il seroit long et superflu de développer ici.

CHAPITRE V.

Conclusion.

§. 30. La constitution du fluide gravifique est le modèle de celle du calorique, dont elle explique heureusement les phénomènes (1).

Cette même constitution, appliquée aux gaz, explique la loi de Boyle ou de Mariotte; la loi de Halley, relative à la densité des couches d'une atmosphère pesante; plusieurs phénomènes qu'offre le mélange des gaz; quelques-uns de ceux qui dépendent de l'influence de la chaleur sur la dilatation et condensation de ces fluides élastiques; enfin cette constitution laisse l'espérance de voir les phénomènes du son y trouver une explication aussi satisfaisante que dans d'autres théories.

Ainsi, quoique ces applications soient incomplètes, et la dernière en particulier fort imparfaite; je n'en suis pas moins porté à croire qu'une théorie, soumise à de telles épreuves, mérite l'attention des physiciens.

(1) Voyez à la fin de ce Livre la *note sur le calorique*.

SUPPLÉMENT.

De la résistance de l'air.

Les phénomènes de la résistance de l'air se présentent comme une objection au principe sur lequel repose la théorie précédente, et forcent à remonter à la cause du mouvement des particules, dont la plupart des précédentes applications sont en quelque sorte indépendantes. Par cette raison, j'ai préféré de n'en pas mêler la discussion avec les argumens en faveur de cette théorie.

§. 31. *Remarque historique.* Plusieurs années après avoir conçu la cause du mouvement des particules, qui dépend d'une concavité (1); et plus long-temps encore après avoir déduit la loi de MARIOTTE du mouvement des particules de l'air; LE SAGE s'aperçut d'une objection contre cette théorie, qui naît d'une loi observée par les corps mus dans l'air. Cette loi est relative à l'influence qu'a la vitesse de ces projectiles sur le ralentissement qu'ils éprouvent. Ce fut l'objet de

(1) 1.er Traité, §. 94.

quelques correspondances avec DANIEL BERNOULLI, LAMBERT, DE LUC, etc. Et ses porte-feuilles contiennent un assez grand nombre de notes, qui se rapportent à ce sujet. Il ne semble pas avoir été pleinement satisfait des solutions de cette difficulté, qu'il reçut ou qu'il imagina lui-même.

Je rapporterai celles auxquelles il paroît avoir donné le plus d'attention, et j'y joindrai mes propres remarques.

§. 32. *Objection.* Il résulte de la constitution que nous avons donnée à l'air, que le ralentissement d'un corps qui se meut dans ce fluide doit être proportionnel simplement à la vitesse de ce corps. Mais l'expérience prouve que ce ralentissement suit une autre loi. Ainsi cette constitution n'est pas celle de la nature.

§. 33. *Développement.* La première des assertions que nous venons de faire n'est vraie qu'en supposant la vitesse du mobile moindre que celle des particules. Dans cette supposition la résistance n'est que la différence des vitesses imprimées par deux courans antagonistes; et il à été démontré ci-dessus que cette différence est égale à quatre fois le produit de la vitesse du courant par la vitesse du mo-

bile (1). Ainsi, la vitesse du courant étant constante, la résistance est proportionnelle simplement à la vitesse du mobile.

La seconde assertion est établie 1.° par les expériences que rapporte NEWTON dans le scholie général, qui termine la sixième section du second livre des *Principes*; desquelles il résulte que le ralentissement des corps mus dans l'air est à peu près proportionnel au carré de leur vitesse; 2.° par celles de BORDA, consignées dans un mémoire sur la résistance des fluides, qui fait partie des *Mémoires de l'Académie des Sciences* pour 1763; expériences, qui confirment la loi que celles de NEWTON avoient établie, et lui donnent un nouveau degré de précision; 3.° par celles de HUTTON, que l'on trouve dans le 2.d Vol. des *Trans. de la Société d'Édimbourg*, publié en 1790; et qui déterminent la même loi.

Quant à celles de *Robins*, elles donnent une loi variable, mais dans le sens opposé à celui que requiert notre théorie; puisque, dans les très-grandes vitesses, il paroît que le projectile éprouve une résistance qui varie selon une raison plus élevée que la seconde puissance de la vitesse.

(1) 1.er Traité, §. 73.

Je ne crois pas que ce soit la peine de mentionner d'autres autorités. La seule que je rencontre dans les notes de Le Sage, et qui, faisant exception, mérite peut-être qu'on la cite à cette occasion, se rapporte à un fluide différent de l'air, mais dont il est bien probable que les particules, beaucoup plus rapprochées, sont cependant dans un état d'agitation. On lit, dans le *Journal des Savans*, pour septembre 1779, l'extrait d'un ouvrage écrit en espagnol par Don G. Juan, où il est dit, que la résistance de l'eau est très-près de la raison des simples vitesses.

Il paroît bien, en dernier résultat, que les expériences, auxquelles on peut se fier, prouvent que, dans l'air, le ralentissement d'un mobile suit une loi différente de celle des simples vitesses.

§. 34. *Tentatives, faites dans le but de concilier la théorie avec l'expérience.*

Le Sage avoit fait deux tentatives dans ce but : 1.° Il conjecturoit que l'air étoit composé d'une partie très-subtile et mue très-rapidement, à laquelle l'élasticité de l'air doit être attribuée; et d'une partie gros-

sière (mise en mouvement par la première), qui se mouvoit très-lentement (1) et produisoit la plus grande partie de la résistance. 2.° Il pensoit que peut-être le mouvement progressif des particules n'étoit pas rapide; mais que chacune d'elles exécutoit une rotation, produite par le même agent qui opère son mouvement progressif; et que de cette rotation seule résultoit le choc, qui se répétant sans cesse, produit les phénomènes compris sous le nom d'élasticité de l'air.

§. 35. *Autres tentatives.*

Voici une *troisième explication* que je hasarde de proposer. A l'instant où une particule a frappé un corps, elle est arrêtée; mais au lieu de glisser à la manière des corps convexes, une nouvelle vitesse lui est imprimée par la pression sur sa concavité. Cette vitesse initiale suffit à détacher la particule du corps; mais elle ne l'en éloigne pas

(1) Il envisageoit cette partie grossière comme formée de particules hétérogènes, tenues par l'air lui-même en état de suspension; il indiquoit la menue poussière, l'eau, etc.

instantanément, car elle est tout-à-fait élémentaire. Les particules donc, après avoir frappé, restent un instant comme en repos dans le prochain voisinage du corps. Celles qui sont ainsi placées derrière lui sont sans effet; mais celles qui s'arrêtent devant le corps sont presque immédiatement heurtées, et coopèrent à la résistance. Il résulteroit de cette considération, qui me semble dériver nécessairement de la théorie, une loi de ralentissement assez semblable à celle qui a été observée.

§. 36. *Indication d'une quatrième source d'explication.*

Nous ajouterons ici une considération nouvelle, qui fera voir au moins que, dans le cas dont il s'agit, la loi des simples vitesses doit recevoir quelque modification, et se rapprocher de la loi des carrés de ces vitesses. Pour rendre cette remarque sensible, je ferai deux observations préliminaires. 1.° C'est principalement dans le sens horizontal que les résistances ont été soumises à l'épreuve expérimentale. 2.° Si un corps se mouvoit horizontalement dans un courant vertical, la résistance qu'il y éprouveroit seroit évidemment proportionnelle au carré de sa vitesse. Maintenant, bien que l'air, dans notre

théorie, soit composé de particules qui se meuvent en tout sens, il y a néanmoins un double courant vertical toujours permanent; le premier est la chute produite par la pesanteur, le second est l'ascension produite par la répulsion qu'éprouvent celles des particules dont le courant gravifique a dirigé la concavité vers la terre (1). Il est donc certain que relativement à une partie des courans qui s'offrent, dans l'air, à un corps mu horizontalement, le ralentissement suit la loi du carré de sa vitesse.

§. 37. *Cinquième source d'explication.*

Nous avons encore à offrir une considération de quelque importance (2). Chaque particule d'air, qui atteint un mobile, n'accroît ou ne diminue sa vitesse, que par sa force réduite dans le sens selon lequel le mobile chemine. Ainsi sa vitesse totale est à sa vitesse efficace, dans le rapport du rayon au sinus de l'angle d'obliquité sous lequel a lieu le choc. Si la

---

(1) La cause et plusieurs effets de ce retournement seront abondamment exposés dans le 2.d Livre de ce 2.d Traité, §§. 9 et 10.

(2) Je retrouve cette considération, simplement mentionnée, dans un papier de G. L. Le Sage (§. 40).

vitesse des particules est à la vitesse du mobile dans le rapport de 2 à 1, toutes celles qui l'atteindront sous un angle moindre que 30 degrés ne pourront rien ajouter à sa vitesse; mais, sous ce même angle, celles qui iront à la rencontre du mobile le retarderont en raison doublée de leur vitesse relative. Si à ce rapport de 2 à 1, on substitue celui de 10 à 1, la même chose aura lieu pour tout choc sous une obliquité moindre que 5° 44'. Si on substitue le rapport de 100 à 1, le même effet sera borné aux chocs faits sous un angle moindre que 0° 34'. Nous ne savons point quel est le vrai rapport de la nature; mais il n'y a pas de raison qui force à le supposer d'une grandeur déterminée : il suffit, à l'explication de la loi de Boyle ou Mariotte et des autres phénomènes, que la vitesse des particules des gaz soit assez grande pour rendre sensibles les phénomènes de l'élasticité. Il y a donc ici une cause de résistance qui ne peut manquer d'accroître, plus ou moins, celle dont on a dérivé la loi des vitesses simples; et cette cause suit une raison, quant à la vitesse, dont l'exposant surpasse la seconde puissance; et toujours plus, à mesure que la vitesse du mobile approche, en croissant, de la vitesse des particules.

§. 38. *Remarque.* Il est à propos de faire observer, qu'il ne naît de cette considération aucune objection contre l'assertion (contenue au §. 72 du 1.[er] *Traité*) sur la nullité de la résistance des corpuscules ultramondains aux mouvemens planétaires. Cette assertion dépend, en dernier résultat, de la grande vitesse des corpuscules, à laquelle aucune limite supérieure n'est assignée, et qui est tout au moins mille millions de fois plus grande que celle de la terre dans son orbite (1.[er] *Traité*, §. 36); ce qui rend évanouissant l'angle d'obliquité sous lequel les chocs des corpuscules cesseroient d'ajouter à la vitesse du projectile, à supposer même cette vitesse quelques milliers de fois plus grande que celle de la terre.

§. 39. Peut-être enfin les diverses considérations que nous avons exposées suffisent-elles à lever la difficulté que nous nous sommes proposée. Les phénomènes ne paroissent pas exiger une vitesse, dans les particules des gaz, plus que double ou triple de celle de nos plus rapides projectiles; et lors même que l'on supposeroit cette vitesse beaucoup moindre, inférieure même à celle des pendules employés à mesurer les résistances, on auroit encore l'idée d'un fluide discret comparable à l'eau,

telle que la plupart des physiciens se la représentent; mais en faisant usage des considérations précédentes (§§. 34, 35, 36, 37), on pourra toujours supposer cette vitesse plus grande. Nous soumettons ces remarques au jugement du lecteur, en nous abstenant de détails ultérieurs sur ce point difficile de théorie.

§. 40. J'ai dit, dans une note sur le §. 37, p. 231, que j'avois trouvé, dans un papier de LE SAGE, une simple mention de la *5.me explication*, proposée ci-dessus pour concilier la théorie avec la loi observée. C'est dans une lettre à LAMBERT, que cette mention est interjetée en note. Je crois devoir transcrire ici cette note et le passage auquel elle se rapporte; d'autant plus que l'on y verra aussi citer EULER, comme ayant fait la remarque que LE SAGE avoit déjà faite et qui donne lieu à toute cette discussion.

Fragment d'une Lettre de LE SAGE à LAMBERT.

Genève, le 26 Juillet 1768.

« J'AI parcouru, l'année dernière, une traduction françoise manuscrite du commentaire de M. EULER sur ROBINS, où j'ai vu entr'autres une remarque importante que j'avois faite long-temps auparavant, et sur laquelle il n'insiste pas; savoir, que quand un corps se meut lentement dans un fluide agité rapidement, il éprouve une résistance proportionnelle au produit de sa vitesse par celle des particules de ce fluide; et par conséquent, proportionnelle à la *simple vitesse* du projectile, quand l'agitation

du fluide est constante. Ce qui résulte de ce que la différence des carrés des vitesses respectives, avec lesquelles ce corps est frappé par devant et par derrière, est le quadruple produit des deux vitesses absolues [parce que $(a+b)^2 - (a-b)^2 = 4\ a\ b$; ce qui est la 8.[me] Prop. du 2.[d] livre des élémens d'EUCLIDE] (1). Or, je crois (avec M. DANIEL BERNOULLI, avec son frère et avec plusieurs autres physiciens) que l'*air pur* est un fluide discret, rapidement agité (par l'inégale action de mes corpuscules ultramondains sur les faces opposées d'une même particule); mais que les matières étrangères qui voltigent dans cet air [avec beaucoup moins de vitesse que lui, et par conséquent, avec moins de vitesse que nos projectiles, pendules et volans; de sorte qu'elles ne sont pas soumises, quant à ces projectiles, à la loi que je viens d'énoncer; d'où il arrive, que nous les pesons et déplaçons avec lui; ce qui nous engage à lui attribuer plus de poids et d'inertie qu'il n'en a] sont bien dix fois aussi abondantes que cet *air pur*, et le rendent sensiblement soumis à la loi des *carrés des vitesses* » (2). . . . .

(1) Au moins, quant aux particules du fluide dont la route n'est pas fort oblique à celle du solide : car, quant aux chocs fort obliques, le *carré* de la vitesse respective de ceux qui sont exercés sur la proue seule ne subit aucune soustraction de la part des particules diamétralement opposées.

(2) D'autant plus qu'une partie de l'air pur exerce une résistance, réellement proportionnelle au *carré* de la vitesse respective (Voyez la note précédente.); vitesse qui, pour une partie de cette partie, est à peu près celle du solide seul.

NOTE sur le calorique.

(Cette note se rapporte au §. 30, p. 223.)

La théorie de l'équilibre mobile du calorique rayonnant ayant été admise par MM. PICTET, HAÜY, BIOT, WELLS, et autres physiciens célèbres, je dois la supposer connue. Je ne ferai à ce sujet qu'une ou deux remarques, tendant à présenter cette théorie comme une application de la physique mécanique de LE SAGE.

Ce philosophe n'avoit pas fait cette application, parce qu'il s'occupoit peu de physique particulière, et ne suivoit pas avec beaucoup d'attention les découvertes qui n'avoient qu'un rapport indirect avec l'objet principal de ses recherches; mais je n'ai pas à me reprocher d'avoir laissé ignorer la source où j'avois puisé, lorsqu'en 1791 je publiai un mémoire *sur l'équilibre du feu*, où j'exposois, à propos de la réflexion du froid, une théorie alors absolument nouvelle, mais à laquelle j'étois dès long-temps attaché. Indépendamment d'un problème particulier qui me donnoit lieu de citer LE SAGE, je m'exprimois ainsi en finissant :

« Si ces remarques et la discussion précé-
» dente offrent quelques vues utiles; si elles

» tendent à répandre du jour sur une classe » importante de phénomènes; si elles rappel- » lent à des idées claires sur la manière d'agir » des fluides invisibles et subtils, qui mani- » festent leur existence par tant de diverses » apparences; enfin si ces aperçus se lient na- » turellement avec d'autres théories, ou très- » bien prouvées ou rendues vraisemblables, » touchant divers effets de ces fluides subtils » (tels que les phénomènes de l'évaporation, » de l'électricité, du magnétisme); n'est-ce » pas la peine d'approfondir la théorie géné- » rale de laquelle toutes ces explications par- » ticulières dépendent? Cette théorie (j'entends » celle de M. Le Sage de Genève, sur la » nature des fluides discrets) mérite d'autant » plus l'attention des physiciens, qu'elle dépend » elle-même d'une autre théorie plus générale, » laquelle a aussi pour preuve de sa solidité » l'explication claire et exacte de phénomènes » très-frappans et très-généraux, absolument » inexplicables sans elle (1). » Et en 1809, dans mon traité du *calorique rayonnant*, j'ai dit, que Le Sage concevoit les fluides discrets comme étant agités. « Il assignoit des causes » à cette agitation, disois-je, et au nombre de

(1) *Journal de physique*, avril 1791.

» ces causes, quelques-unes donnoient l'idée » d'une multitude de corps élémentaires isolés, mus en ligne droite d'une manière » indépendante, avec des vitesses très-grandes, » égales, et dirigées en toutes sortes de sens. »

« Il y avoit long-temps, ajoutois-je, que » je connoissois ces conceptions de DAN. » BERNOULLI et de LE SAGE; il y avoit » long-temps que j'étois accoutumé à les ap- » pliquer au calorique (ou, comme on disoit » alors, au feu), lorsqu'en 1791 parut l'*Essai* » *sur le feu* de M. PICTET, où se trouve con- » signée sa belle expérience de la réflexion du » froid. M. de VÉGOBRE m'ayant fait remar- » quer que ce phénomène n'étoit pas expliqué, » je m'en occupai et lui appliquai la théorie » du feu, que j'adoptois habituellement (1). »

En effet, si l'on a dans le souvenir la constitution du calorique, telle que je l'ai exposée (2), et telle qu'elle a été admise par les savans physiciens que j'ai cités ci-dessus; on verra qu'elle est précisément la constitution des fluides élastiques de LE SAGE (3); et encore la même que celle du grand fluide gravifique, ou des

(1) *Du calorique rayonnant*, pag. 13. *Paris et Genève*, *J. J. Paschoud.*

(2) En particulier *Calor. ray.*, §. 10.

(3) 1.ᵉʳ Traité, Liv III.

corpuscules ultramondains (1); en sorte que rien n'étoit plus familier à mon esprit qu'une telle constitution, et qu'il ne me restoit qu'à en déduire les conséquences.

L'explication de la réflexion du froid étoit si évidemment au nombre de ces conséquences, que si j'éprouve maintenant quelque surprise, c'est que, pour la tirer, il m'ait fallu quelque effort. Il m'en a fallu moins pour expliquer les effets des surfaces réfléchissantes (2); et même pour interpréter les curieuses expériences qui ont précédé, et en quelque sorte annoncé, celles sur lesquelles repose la théorie de la rosée (3). Maintenant, je jouis de l'espérance, qu'en s'attachant à cette théorie, on pénétrera un peu plus avant dans les mystères de la nature, que l'on n'auroit pu faire par une autre route; et déjà les savantes recherches de M. Fourier semblent réaliser cette espérance. Son grand ouvrage, annoncé dans les *Annales de chimie et de physique*, détermine entr'autres une loi d'émission très-remarquable,

(1) 1.er Traité, *Liv. I, chap. I, art. 3.*

(2) *Calor. ray.* Sect. VI. Toutes ces explications (et celles sur la rosée) ne dépendent point de la loi des sinus d'obliquité. Elles subsistent en leur entier après cette loi découverte et expliquée.

(3) *Calor. ray.*, sect. 8.

qui tient essentiellement à la considération d'une surface physique substituée (comme il convient) à une surface mathématique (1). C'est là sans doute un important changement qui, si je ne me trompe, ne fait que perfectionner la théorie, sans en altérer les principes.

Quoi qu'il en soit, je m'en tiens à ces remarques, presqu'entièrement historiques, sur le sujet du calorique (2); et l'on voit qu'elles ont essentiellement pour but d'établir, que la théorie de l'équilibre mobile, et toute la constitution du calorique rayonnant, qui est la base de cette théorie, ne sont au fond que des corollaires de la théorie des fluides discrets de Le Sage, et par conséquent de sa théorie plus générale des corpuscules ultramondains.

---

(1) De cette simple substitution, M. Fourier déduit rigoureusement la loi qui établit la proportion de l'émission au sinus de l'obliquité; loi remarquable, que j'avois tenté de rapporter à d'autres causes beaucoup moins simples (*Du caloriq. rayonn.*, §. 180, p. 207; §. 178, *note*, p. 204; §. 185, p. 223.); et dont l'explication exacte, tout en confirmant la théorie, laisse espérer de nouvelles et utiles applications des principes d'où elle dérive.

(2) Ce fluide discret, participant à la nature des fluides élastiques, devroit naturellement occuper une place dans ce 1.er Livre.

LIVRE II.

Application des principes exposés dans le premier Traité aux principaux phénomènes de la lumière.

AVERTISSEMENT.

Une partie de ce *Livre* est consacrée à rappeler des principes et à en déduire des conséquences prochaines et suffisamment assurées.

Une autre partie est plus hasardée : elle contient des conséquences moins immédiates, et souvent de simples tentatives d'explication. Le but de ces tentatives est d'exciter l'attention des physiciens sur les principes qui les ont suggérées. Pour atteindre ce but, j'ai exposé mes conceptions en détail et d'une manière déterminée ; au risque d'encourir le reproche de témérité.

Il auroit été convenable de séparer tellement ces deux parties, que tout ce qui porte le ceractère de certitude fût aisément distingué de ce qui n'est que probable ou conjectural. On verra bien que ce point de méthode n'a pas été perdu de vue ; mais il n'a pu être constamment observé.

INTRODUCTION

Dans laquelle on expose les principes dont on se propose de faire emploi.

§. 1. Je suppose connus et admis les principes de physique mécanique de G. L. Le Sage.

Ces principes sont publiés et mis sous les yeux de mes lecteurs. Il suffit, pour les connoître et par conséquent pour les rappeler à son souvenir, de lire attentivement le court chapitre (1) qui en contient un exposé sommaire.

On y verra que les lois générales de l'attraction, et par conséquent tous les phénomènes qui en dépendent, sont rigoureusement expliqués par l'impulsion ; qu'à cet effet il faut concevoir les corps comme doués d'une très-grande perméabilité, que leurs élémens doivent être comme des espèces de cages à barreaux minces et fort espacés ; qu'à l'aide

(1) 1.er Traité, §§. 67 et suivans.

d'une telle conception, des corpuscules, venant en tout sens des régions les plus reculées de l'espace et doués d'une vitesse suffisante, ne peuvent manquer de produire les divers mouvemens que l'on rapporte à l'attraction.

Mais pour n'être point arrêté dans la discussion de ces principes et de leurs conséquences, il est convenable de fixer d'entrée ses regards sur les principales difficultés, qui peuvent se présenter sous forme d'objections, si l'on envisage ce système d'une manière trop rapide; en particulier sur l'objection tirée de la résistance du fluide gravifique et sur l'apparente difficulté que présente la loi des masses. La solution de ces difficultés est donnée, et je suis autorisé à la supposer (1).

§. 2. Non-seulement je suppose la connoissance des principes généraux de cette physique mécanique; mais je suppose surtout certaines conséquences qui en sont clairement déduites (2). Ainsi je partirai des propositions suivantes :

---

(1) Ces objections sont discutées dans le Traité précédent, L. II, en particulier aux chap. I et III.

(2) 1.er Traité, L. III, chap. III, art. 1, 2 et 4.

Lemme 1. Une particule convexe, plongée isolément, en repos, dans le fluide gravifique, ne se mouvra pas; ou si elle se meut, elle n'exécutera que des allées et venues, ou des espèces d'oscillations irrégulières, produites par l'inégalité fortuite, momentanée et accidentelle, de quelques courans opposés.

Lemme 2. Une seule circonstance peut faire que cette particule prenne un mouvement constant. Cette circonstance est un *creux*, pratiqué sur sa surface.

Remarque. Il ne sera pas inutile peut-être d'ajouter ici quelques mots à tout ce qu'a dit l'auteur de cette ingénieuse théorie, relativement à la constitution des corps, et à celle en particulier des particules douées de quelque concavité à leur surface. On pourroit, je crois, concevoir ces particules mêmes comme des élémens caveïformes, dont les barreaux seroient creusés en quelques places; mais il sera mieux de les concevoir sans pores ou avec peu de pores. Cette conception non-seulement n'a rien d'étrange, mais est même assez naturelle. Des élémens très-petits peuvent être considérés comme des barreaux détachés des autres cages élémentaires, ou simplement comme une massule ainsi constituée, sans

rapport avec d'autres. Le lecteur est invité à rappeler à son souvenir ce qui a été dit à propos de la constitution cavéiforme des élémens, pour ôter à cette constitution l'apparence de détermination absolument régulière qu'elle offre au premier coup-d'œil (Voyez le 1.er Traité, L. I. chap. V ; et la note finale de l'éditeur *sur la constitution des élémens*, p. 177.). En général, dans le cours de ce Livre, nous supposerons constamment que les particules mues par la pression des corpuscules sur une partie concave de leur superficie, sont dépourvues de pores, à l'exception de cette concavité même ; et par conséquent qu'un courant de corpuscules qui les atteint à l'extérieur n'agit que sur leur surface ; en sorte que l'action de ce courant n'est point proportionnelle à la masse.

§. 3. Que l'on se représente un cylindre droit tout massif (1), dont l'une des bases soit évidée, de manière à terminer le cylindre même par un

(1) Tout massif, ou du moins peu poreux ; car si les élémens des corps composés sont cavéiformes, rien n'engage à attribuer la même construction et la même porosité aux particules des fluides secondaires, par exemple aux molécules lumineuses.

hémisphère exempt de toute matière; une telle concavité donnera lieu à une pression de la part des corpuscules qui y glisseront. Cette pression produira une vitesse; ainsi la particule prendra un mouvement de translation, tel que la concavité fera office de *poupe*, et la partie opposée pourra prendre le nom de *proue* (1).

§. 4. Cette vitesse sera accélérée aussi longtemps que la pression agira; mais enfin elle ne croîtra plus, et alors la particule aura acquis sa *vitesse terminale*, qui sera une vitesse constante.

---

(1) G. L. Le Sage a considéré plusieurs formes variées, liées à une concavité ou à un *creux*, pratiqué à la surface d'une particule. Je n'ai pas à m'en occuper. En particulier, je ne ferai pas usage des concavités à rebord, dont ce physicien a conçu l'idée. Il est probable que les particules dont j'ai à parler sont plus simples et n'ont à leur surface qu'une concavité comparable à celle dont je fais emploi dans l'article auquel se rapporte cette note.

SECTION PREMIÈRE.

DES PARTICULES PUPPIFORMES EN GÉNÉRAL.

CHAPITRE PREMIER.

Exposition du sujet.

§. 5. EN parlant, comme je viens de faire, d'un cylindre droit, terminé par un creux hémisphérique, j'ai simplement voulu donner un exemple propre à faire concevoir la construction d'une particule douée de quelque concavité. Il importe de ne pas se borner à cette représentation fictive, et d'étendre, par la conception, cette idée à d'autres figures moins régulières; mais quelle que soit cette figure, je n'aurai, dans ce qui suit, point de raison de supposer dans la particule plus d'un creux, plus d'une concavité à la surface; en un mot, la particule sera constamment supposée avoir une seule poupe : une telle particule prendra le nom de particule *puppiforme*.

§. 6. C'est un curieux problème de mécanique que la recherche du mouvement d'une telle particule, livrée à l'impulsion des corpuscules gravifiques. — Il est évident, que, si la résultante passoit par le centre de gravité de la particule, elle se mouvroit constamment en ligne droite et dans la même situation par rapport à la direction de cette résultante, par conséquent, la même aussi par rapport à une ligne donnée quelconque (1).

§. 7. Mais ce cas mérite à peine d'être considéré, puisqu'il est infiniment improbable. Si donc la résultante ne passe pas par le centre de gravité, la question acquiert un beaucoup plus grand intérêt; mais aussi elle devient plus compliquée et plus difficile.

§. 8. Au premier coup-d'œil, il est facile de voir que, dans cette question, on aura à

(1) G. L. Le Sage s'est borné à ce cas, quoiqu'une objection, qui lui avoit été faite, eût dû, à ce qu'il semble, l'engager à pénétrer au-delà; et quoiqu'il ait vu que des rotations devoient être produites en quelques cas par de telles impulsions. Je ne connois d'ailleurs aucune tentative de ce philosophe, pour généraliser le problème et l'appliquer, d'une manière régulière, au cas où la résultante ne passe pas par le centre de gravité.

s'occuper de deux espèces de mouvemens communiqués à la particule : un mouvement de translation et un mouvement de rotation; l'un et l'autre, au premier aspect, se présentent comme compliqués.

CHAPITRE II.

Premier cas.

En attendant que tout cela soit soumis à un calcul plus exact, considérons une conséquence assez curieuse de la construction d'une particule puppiforme, quelle que soit d'ailleurs la figure de sa poupe ; et par conséquent, quelle que soit la direction de la résultante qui la presse.

§. 9. Pour plus de simplicité, j'exposerai cette conséquence en prenant pour exemple le cas où la résultante passe par le centre de gravité, et où la trajectoire est rectiligne sans rotation (§. 6.).

Supposons qu'une telle particule, mue avec sa vitesse terminale, vienne à rencontrer un plan attractif; c'est-à-dire, un plan terminant un corps, vers lequel la particule est poussée par des courans, dont les antagonistes sont interceptés. Quelle situation prendra la particule ?

Je dis, qu'elle sera disposée à diriger sa

poupe vers le plan, dès qu'elle s'en approchera dans certaines limites.

En effet, il doit être admis que l'axe du cylindre ne sera pas exactement perpendiculaire au plan; ce cas d'exception étant infiniment improbable (1). Dès-lors le courant impulsif frappant le cylindre dans toute sa longueur avec une égale force, agira plus efficacement sur sa partie la moins massive, c'est-à-dire que l'axe du cylindre commencera à exécuter une rotation, en vertu de laquelle la poupe tendra à se diriger vers le plan. Si rien ne s'y oppose, cette poupe, conservant ce mouvement de rotation, passera au-delà; puis sera de nouveau ramenée. Enfin, après quelques oscillations, elle se fixera dans cette situation.

On peut donc établir comme une conséquence de nos principes, que la poupe de notre cylindre tendra à se diriger vers tout corps vers lequel la particule est, comme on dit, attirée; c'est-à-dire, poussée par un courant sans antagoniste.

§. 10. Une seconde conséquence suit de

---

(1) Outre cette improbabilité, la moindre inégalité dans les courans antagonistes dérangeroit ce perpendicularisme.

cette première; savoir, que *la répulsion naît de l'attraction.*

En effet, le mouvement de translation de la particule, produit par la pression sur la concavité de la particule, est dirigé dans le sens de l'axe, de la poupe à la proue ; par conséquent, la particule, à l'instant où elle présente sa poupe au point ou au plan attractif, ne peut manquer d'être chassée loin de ce point ou de ce plan, par la pression qui s'opère sur sa poupe.

§. 11. Sur quoi, il faut remarquer que la force de pression qui la chasse est un peu diminuée par la suppression de quelques courans, qu'intercepte le corps (le point, ou le plan) attractif. Mais on sait que les interceptions opérées par les corps attractifs sont peu considérables, en comparaison de la totalité des courans qui se présentent pour les traverser (1). Donc, la pression produite par la totalité des courans, et la pression produite par cette même totalité diminuée de l'interception du corps attractif, sont sensiblement égales, ou du moins très-peu différentes.

§. 12. Seulement; dans un cas, la pression

---

(1) 1.er Traité, §. 32, p. 81.

est favorisée par l'attraction; dans l'autre, elle en est affoiblie. En d'autres termes, l'impulsion du courant qui produit l'attraction s'ajoute à la pression avant que la particule se retourne, tandis qu'elle en est retranchée après le retournement.

§. 13. *Il peut* donc *arriver*, selon les circonstances, *que la répulsion l'emporte sur l'attraction, ou que le contraire ait lieu.*

§. 14. Tel est le résultat de la contemplation du premier cas que nous nous étions proposé d'examiner; savoir, celui où la résultante de la pression passe par le centre de gravité. Nous allons considérer le second cas; savoir, celui où cette résultante ne passe pas par le centre de gravité. Mais nous avons déjà annoncé, que la discussion de ce cas étoit tout autrement laborieuse.

CHAPITRE III.

Second cas.

§. 15. Dès que le besoin de traiter ce second cas se fut fait sentir à moi, je vis la difficulté de ce sujet et j'eus recours à des lumières supérieures aux miennes. J'adressai à deux habiles mathématiciens, que j'ai l'avantage de compter au nombre de mes amis, une question, par laquelle je voyois qu'il falloit commencer. Elle étoit conçue en ces termes :

« Soit une droite matérielle de la nature des corps durs, homogène et de même épaisseur dans toute son étendue; ayant par conséquent son centre de gravité au milieu de sa longueur.

Soit appliquée, à un point de cette ligne, une pression invariable et toujours maintenue perpendiculaire à la ligne.

On demande, quel sera, pour divers points d'application, la trajectoire du centre de gravité pendant une ou plusieurs rotations. »

J'ajoutai à cet énoncé du problème, la note suivante :

« *N. B.* J'entends par *pression*, selon l'usage commun, une force qui agit comme par petits coups répétés, qui s'accumulent; et je me représente ces petits coups ou impulsions élémentaires successives comme presqu'égales, par conséquent comparables à la pesanteur et à toutes les attractions dans les premiers momens; mais cette force de pression doit finalement être conçue finie; et par conséquent, elle doit engendrer une vitesse terminale. »

Les solutions que j'obtins, quoique différentes dans la forme, donnoient le résultat suivant, que j'extrais de la solution de celui des deux mathématiciens, qui, étant plus près de moi, a pu entrer avec moi dans plus de détail sur quelques points, et qui a bien voulu d'ailleurs joindre à sa solution un exemple numérique.

§. 16. *Marche de la solution.*

Lemmes.

1.° Soit une droite homogène, ayant par conséquent son centre de gravité au point qui la partage en deux parties égales; et soit ap-

pliquée à un point quelconque de cette ligne une force qui lui soit perpendiculaire. Le centre de gravité se mouvra, comme si la force lui étoit immédiatement appliquée; et la ligne tournera autour de ce centre, comme si ce centre étoit fixe. — Ce lemme se démontre par les principes généraux de la dynamique.

2.° D'après ces mêmes principes, la vitesse angulaire autour de l'axe libre de rotation, regardé comme fixe, est égale au produit de la distance du centre de gravité au point d'application de la force, multipliée par la masse et par la vitesse de translation, divisé par le moment d'inertie de la masse, relativement à cet axe (1).

Problème. Trouver la ligne que décrit le centre de gravité d'une droite homogène, à l'un des points de laquelle s'applique une force toujours perpendiculaire à elle, cette force étant uniformément accélérée.

---

(1) Une vitesse angulaire est une fonction d'une vitesse de translation, parce que cette fonction est multipliée par l'*unité*, ou *rayon*, réduit en secondes de la circonférence. C'est ce qui se pratique dans les explications numériques, telle que celle qui suit ces résultats de calcul.

Solution. 1.° Par le calcul, on arrive d'abord à reconnoître que *le mouvement angulaire suit les mêmes lois qu'un mouvement rectiligne uniformément accéléré.*

2.° Par un calcul beaucoup plus compliqué (en ayant soin d'écarter les cas qui ne peuvent pas se réaliser dans la nature, ou qu'excluent la forme et le but de la question), on arrive à reconnoître que *la ligne décrite par le centre de gravité est une espèce de courbe serpentine;* et la situation de cette courbe, relativement à l'axe des abscisses, offre quatre cas possibles, dans l'un desquels cet axe est coupé par la courbe en chacune de ses périodes, à peu près comme la baguette d'un caducée l'est par l'un de ses serpens représentés sur une surface plane.

§. 17. *Application numérique.* Si l'on suppose que la droite ne soit mue que par une seule impulsion, dirigée dans le sens de la force qui lui est appliquée; et avec une vitesse égale à la vitesse terminale produite par la force accélératrice;

Si l'on fait la vitesse de translation de 70 000 lieues (de 2280 toises) par seconde (qui est la vitesse de la lumière); que a exprime la masse de la droite, et f la distance du point d'appli-

cation de la force au centre de gravité. Soit $f = a : k$ en lignes (1).

Soit maintenant a=0'0001 ligne, k=2; et par conséquent f=0'000 05.

On trouve que le nombre de rotations exécutées autour du centre de gravité, pendant que ce centre décrit 70 000 lieues, est 164,599 310,400 000.

D'où l'on tire que le nombre des rotations est de 119 pendant que le centre décrit un dixième de ligne.

Cet exemple, dans lequel la détermination relative à la distance du point d'application est tout-à-fait arbitraire, montre qu'en la variant on pourroit faire varier beaucoup le nombre des rotations pendant un espace décrit donné.

§. 18. De cette solution, il résulte que l'axe de rotation est perpendiculaire à la trajectoire.

§. 19. La vitesse terminale est déterminée d'un côté par la force de pression; de l'autre, par la résistance des courans antérieurs de corpuscules.

Cette remarque s'applique également à la vitesse de translation et à celle de rotation.

---

(1) L'introduction de k (ayant une valeur quelconque) est nécessaire pour exprimer f comme aliquote de a.

§. 20. Après avoir obtenu cette solution, j'aspirois à en obtenir d'autres. Voici les problèmes que j'avois à proposer :

« *Question* 2.ᵈᵉ Soit un corps massif, de forme régulière ou irrégulière (par exemple un cylindre). Soit creusé dans ce corps une fosse (par exemple un creux oblique dans une des bases du cylindre). Soit appliquée sur le fond de cette fosse une pression sous les mêmes conditions que dans la question 1.ʳᵉ (§. 15.)

« Quel mouvement prendra le corps ?

« *N. B.* Quel mouvement ? c'est-à-dire, quelle trajectoire et quelle rotation ? »

« *Question 3.ᵐᵉ* Quel effet produiront divers accidens de vitesse ou d'intensité dans la pression ? »

« *1.ᵉʳ cas.* Si, dans un sens seulement, la pression est plus forte ; la demi-courbe d'une période de sa trajectoire, où se trouve la particule, sera-t-elle alongée ou accourcie ? »

« 2.ᵈ *cas.* Si de toutes parts la pression croît ; la demi-courbe en question changera-t-elle et comment ? »

« *N. B.* Dans les deux cas, on demande le rapport de la rotation à la translation. »

« *Question 4.ᵐᵉ* Peut-on estimer le temps employé par la particule à acquérir sa vitesse

terminale; en le comparant au temps pendant lequel la particule, arrivée à sa vitesse terminale, décrit un espace connu ?

« Pourroit-on, par exemple, établir des circonstances qui rendissent infiniment petit, le temps nécessaire pour acquérir la vitesse terminale, relativement au temps pendant lequel, avec cette vitesse terminale, la particule décrit un espace fini?

« Ou pourroit-on déterminer la longueur de la carrière d'accélération ? »

§. 21. Quant à la question 2.de (§. 20.), le savant mathématicien qui m'avoit fourni la solution de la 1.re, rapportée ci-dessus en abrégé (§. 16.), n'a pas cru devoir aller au-delà du simple énoncé du principe, d'où doit dépendre, dans tous les cas particuliers, la solution d'un tel problème. Ce principe est contenu dans les deux propositions suivantes :

1.° Par rapport à un point quelconque d'un corps, il y a toujours trois *axes principaux*, dont la propriété est de rendre les momens d'inertie les plus grands ou les plus petits possibles; et ces trois axes sont perpendiculaires entr'eux.

2.° Dans un corps libre quelconque, les axes principaux sont les seuls autour desquels

un mouvement de rotation, primitivement imprimé, se perpétue uniformément.

D'après ce principe, il faudroit supposer diverses figures; et voir, sous ces aspects variés, quel mouvement prendroit notre particule. Je suis fort éloigné de me croire en état de faire de telles tentatives avec espérance de succès. Je laisse donc aux mécaniciens géomètres, qui pourroient y prendre intérêt, un travail à faire, qui sera peut-être récompensé par des explications plus pleines des phénomènes de la nature. En attendant, il me semble que l'on peut faire quelque usage de ce qui vient d'être dit.

§. 22. Si la particule a beaucoup plus d'étendue selon une de ses dimensions que selon les deux autres; si, par exemple, elle est comparable à un cylindre droit fort haut, à base fort petite; la rotation autour du centre de gravité pourra être en quelque sorte assimilée à celle de la ligne droite, que nous avons considérée dans la solution de la 1.re question (§. 16.); et les rotations autour des deux autres axes principaux ne produiront peut-être qu'une espèce de balancement ou de libration. Ce qui me confirme dans cette opinion, c'est que, dans les applications aux phénomènes, la théorie,

envisagée sous cette forme, fournit déjà quelques explications probables.

§. 23. Les principes communs de la dynamique fournissent les résultats suivans, qu'a rassemblés le même mathématicien (cité au §. 22), et qui peuvent servir à résoudre la question 3.me (§. 20.). Quoique je n'espère pas en faire emploi, il ne sera pas inutile de les remettre sous les yeux des physiciens.

a) Si un corps quelconque est soumis à une force perpendiculaire à sa surface, et qui ne passe pas par son centre de gravité; ce centre se mouvra, comme si la force lui étoit immédiatement appliquée; et le corps tournera autour de ce centre, comme si ce point étoit fixe.

b) Si la force est un choc, une impulsion momentanée; le centre de gravité se meut uniformément suivant une direction parallèle à celle de la force, comme si cette force lui étoit immédiatement appliquée; et le corps tourne uniformément autour de ce point comme si ce point étoit fixe.

c) Si la force est variable ou constante; les deux mouvemens sont variables ou uniformément accélérés.

d) Lorsque le corps n'est soumis qu'à

l'action d'une force; les deux mouvemens sont donc toujours de la même espèce.

e) Si deux forces agissent sur le corps perpendiculairement à sa surface, l'une à droite, l'autre à gauche, du centre de gravité, et dans deux sens différens; ces deux forces concourent ensemble à produire le mouvement de rotation, et sont en partie opposées pour le mouvement de translation; en sorte que si leurs directions sont également éloignées du centre de gravité, le corps tournera comme s'il n'y avoit qu'une seule force égale à la somme des deux premières et agissant perpendiculairement à la surface à la même distance du centre de gravité, et ce point sera mu comme s'il étoit soumis à l'action d'une orce égale à la résultante des deux autres.

f) Si les deux forces sont égales et parallèles entr'elles et qu'elles agissent à égale distance du centre de gravité perpendiculairement à la surface du corps; ce centre sera immobile et le corps tournera autour de ce point, comme s'il n'étoit soumis qu'à une force, égale à la somme des deux autres, agissant perpendiculairement à la surface et à la même distance du centre de gravité.

g) Si le corps a un mouvement uniforme

de translation et de rotation, et si dans un moment quelconque il est soumis à l'action de deux forces constantes qui remplissent les conditions du cas précédent (f) ; le centre de gravité continuera à se mouvoir uniformément, puisqu'en vertu de ces forces constantes, il resteroit immobile ; mais le mouvement de rotation du corps deviendra uniformément accéléré.

~~~~~~~~~
~~~~~~~~~

CHAPITRE IV.

Conséquences de cette théorie.

D'APRÈS ce qui vient d'être dit (§. 22), je considérerai la particule puppiforme comme n'ayant qu'une dimension. Cependant dans certaines applications subséquentes, il sera fait deux ou trois fois mention de l'influence que les deux autres dimensions peuvent avoir sur les mouvemens de la particule soumise à la pression qui les produit ; et en ce cas je considérerai l'effet de cette influence, comme étant comparable à une espèce de balancement ou de libration ; mais je n'en ferai mention que comme d'une chose indéterminée.

§. 24. Dans la solution du problème proposé au §. 15, on doit concevoir l'axe de rotation perpendiculaire à la direction de la trajectoire (§. 18.) ; et dans l'emploi que nous ferons de cette solution, nous supposerons toujours cette situation. Nous ne parlerons d'une autre, que comme possible et offrant trop de complication, pour que nous entreprenions d'en faire

usage dans nos explications. Ainsi *la particule puppiforme doit se peindre à l'imagination sous l'emblème d'une roue,* qui chemine le long de la trajectoire, de manière à présenter toujours la poupe (ou concavité) à l'extérieur, c'est-à-dire, à la circonférence de la roue. A la vérité, la roue n'a qu'un seul rais; mais, à cause de la célérité de la rotation, on peut dire, qu'en un instant fort petit, ce rais se multiplie en quelque sorte, et qu'il est à la fois sensiblement par toute la roue. *Cette roue devient* donc réellement *un disque,* pour toutes les mesures de temps où l'on peut négliger une fraction de seconde, moindre peut-être qu'une cent-soixante-quatre billionième (§. 17.) (1).

§. 25. Maintenant supposons qu'une telle particule, formant par sa rotation un disque apparent, s'approche d'un plan attractif. Et supposons encore que ce disque se présente parallèle au plan attractif. Faisons abstraction, au premier instant, du mouvement de translation du centre de gravité. La particule,

(1) Nous continuons d'appeler *billion* un million de millions, *trillion* un million de billions; et ainsi de suite, conformément à la notation wolfienne.

dont la rotation produit le disque apparent, sera forcée d'incliner sa poupe (sa concavité) vers le plan (§. 9). Et cependant, comme sa rotation ne sera pas interrompue, l'apparente continuité de toutes les situations qu'elle prendra ne sera point troublée. Ainsi *la particule attirée tracera*, par sa rotation, *un cône* droit *apparent*, dont l'axe sera perpendiculaire au plan, ou (si l'on veut permettre cette métaphore) une espèce de parasol, ouvert du côté du plan, et dont les côtes (1) seront terminées à l'extérieur par une concavité (2). Ce cône ira en se rétrécissant (le parasol ira se fermant), à mesure que le courant, qui pousse la concavité vers le plan, deviendra plus efficace; c'est-à-dire, à mesure que la particule approchera davantage du plan (3).

---

(1) Les côtes, ou baleines, qui soutiennent le pavillon.

(2) Le sommet de ce cône étant le centre de rotation, il y a proprement deux cônes opposés au sommet; mais nous n'avons rien à dire de ce second cône, et nous le négligerons toujours.

(3) On comprend que la figure formée par la trace de la particule présentera une suite de cônes, dont l'angle au sommet ira insensiblement en diminuant. Ce sera donc plus exactement une courbe rentrante, de la nature d'une hélice; ou mieux, une espèce de

§. 26. *L'état de la particule, qui retourne ainsi sa poupe vers le plan, est un état forcé.* Elle est soumise à l'action de deux forces opposées, celle de rotation et celle du courant qui pousse sa poupe vers le plan attractif. En effet, quand la particule décrit un segment de surface conique, si la rotation cessoit, la poupe seroit poussée plus fortement vers le plan; et réciproquement, si le courant cessoit de pousser la poupe, celle-ci se relèveroit et formeroit un disque. Il y a donc une partie de la force de rotation qui est directement opposée à l'impulsion du courant sur la poupe.

Il suit de là, que, si l'attraction venoit à diminuer (en d'autres termes, si le courant poussoit la poupe vers le plan); aussitôt l'angle au sommet du cône croîtroit (le parasol s'ouvriroit).

J'ajouterai un court développement aux assertions précédentes : elles dépendent toutes de celle-ci. La force du courant attractif et la force de rotation de la particule, qui décrit

---

ruban déroulé en spirale. Mais on peut bien considérer les cônes successifs comme complets. Cette simplification ne peut altérer le résultat.

un segment de surface conique, sont opposées en quelque partie. Au moment où la particule décrivoit un disque, la force de rotation (dans nos suppositions) étoit toujours dirigée parallément au plan attractif. Le courant abaisse la poupe perpendiculairement à ce même plan; par conséquent, au premier instant, les deux vitesses, dont la poupe est animée, ne se nuisent point mutuellement. Lorsque la poupe a descendu ainsi un instant, la force de rotation, qui n'a pas changé de direction, pousse la poupe, et tend à lui faire décrire un nouveau cercle de rotation sur le centre de gravité de la particule. Cette force tend donc à faire sortir la poupe du plan de sa rotation actuelle, pour tourner sur un axe constant; par conséquent, elle tend à éloigner la poupe du plan, dont l'attraction tend à l'approcher.

§. 27. Dès le premier moment où le cône se forme, il naît une répulsion; et cette répulsion devient plus efficace à mesure que la particule approche du plan, parce que la pression intérieure sur la poupe devient toujours moins oblique.

§. 28. Supposons une rotation si rapide que, par rapport aux impulsions gravifiques, un seul tour de la particule autour de l'axe du

puisse être envisagé comme exécuté dans un instant indivisible ; la résultante de toutes les pressions ultérieures sera constamment perpendiculaire au plan.

§. 29. Supposons maintenant qu'une particule puppiforme se présente à un plan attractif, de manière que son disque apparent soit perpendiculaire à ce plan. Il sera difficile que le courant, qui pousse la particule vers le plan, parvienne à forcer la concavité (la poupe) de se tourner vers le plan. Dans le cas du parallélisme (§. 25), l'action du courant, pour produire cet effet, trouvoit toujours la particule dans la même situation pendant le cours d'une rotation entière, et n'avoit à vaincre que la force de rotation (1) oblique et par conséquent affoiblie. Dans le cas du perpendicularisme, la situation de la particule est telle que, pendant une moitié de la rotation, chaque élément du courant attractif agit par la somme des vitesses, et pendant l'autre moitié par leur différence. Dans la première de ces moitiés, l'action du courant sur la poupe lutte contre la force de rotation ; et il y a un moment où elle lutte

(1) Voyez le §. 26.

Si donc *une grande vitesse constante*, *imprimée aux particules*, *tend à leur faire traverser le plan attractif*; *celles dont le cercle de rotation est perpendiculaire au plan attractif le traverseront plus aisément*, *que celles dont le cercle de rotation est parallèle à ce même plan.*

§. 32. Considérons une particule puppiforme, qui exécute sa rotation dans un plan parallèle au plan attractif. Le disque apparent prend insensiblement la forme d'un cône. Examinons quelle est, pour chaque instant, l'expression des différentes forces agissant à cet instant-là, sous diverses inclinaisons du côté de ce cône sur le plan attractif, ou en d'autres termes, selon l'inclinaison de l'axe de notre particule cylindrique (et presque linéaire) sur ce même plan.

La force d'attraction sera en quelque raison inverse de la distance; que nous pouvons supposer être l'inverse du carré.

Et puisque, d'après ce qui a été dit (§. 2. *Rem.* p. 245.), elle peut être envisagée comme agissant sur les surfaces seulement; elle sera d'autant plus intense, qu'une plus grande partie du courant perpendiculaire au plan attractif atteindra la surface; ainsi, à cet égard, elle sera proportionnelle au cosinus d'incli-

naison. De plus, considérant l'efficacité de chaque choc pour approcher la particule du plan attractif; on trouve, à cet égard, la force proportionnelle au carré de ce même cosinus. Si donc on appelle 1 la force attractive efficace à la distance 1 (supposée la moindre que l'on puisse, en ce genre d'objets, distinguer de la surface même); on aura, à la distance d, pour l'expression de la force attractive, à un instant donné, $(1:d^2)\ cos^3\ i$; (i étant l'angle d'inclinaison).

La force répulsive, agissant sur la poupe, pourra être appelée r, et étant réduite selon le sens perpendiculaire au plan attractif, elle aura pour expression $r\ sin\ i$; expression qui ne changera que par la variation de l'angle, si la répulsion (supposée terminale ou élémentaire) est une quantité constante; mais qui subira tous les changemens qu'éprouvera la force répulsive.

Le mouvement que prendra la particule dans le sens perpendiculaire au plan, c'est-à-dire, la vitesse de translation du centre de gravité dans ce sens, aura pour expression $(1:d^2)\ cos^3\ i - r\ sin\ i$.

La force qui fait tourner la particule sur elle-même est 1.° la pression exercée sur sa poupe par les corpuscules roulant dans la concavité. Nous nous en sommes suffisamment occupés.

2.° L'impulsion supérieure du courant attractif sur cette poupe (ce courant ne pénétrant pas dans la concavité, mais poussant extérieurement sa paroi supérieure).

Cette dernière force est l'excès de la force attractive qui meut la poupe, sur celle qui meut la proue. La force attractive est bien toujours la même, mais l'obstacle qu'elle a à vaincre est moindre sur la poupe. Cet excès, dépendant de l'attraction, en est une fonction que l'on peut exprimer par $f\,(1:d^2)$. La force en question dépend en outre de l'inclinaison de notre particule linéaire sur le plan. Mais elle n'en dépend pas comme la force attractive considérée dans son action pour pousser le centre de gravité vers le plan; parce que, pour opérer la rotation, cette force n'a pas besoin d'être réduite dans le sens perpendiculaire au plan attractif. Ainsi, relativement à l'inclinaison, la force dont nous parlons sera proportionnelle au carré du cosinus d'inclinaison et son expression sera $f\,(1:d^2)\,cos^2\,i$.

Pour employer ces formules, il faudroit intégrer leurs valeurs dans les suites d'instans que l'on auroit à considérer.

On voit assez du reste comment l'expression du mouvement du centre, $1:d^2\,(cos^3\,i - r\,sin\,i)$, passe du positif au négatif. Prenons les cas

extrêmes. Soit d'abord $d = 1$, on retrouve, comme on le doit, la formule égale à la différence des deux forces. Dans ce cas, supposons la particule parallèle au plan, on a $cos^3\ i = 1$ et $sin\ i = o$; en effet, la répulsion, agissant parallèlement, ne diminue point l'attraction. Supposons au contraire la particule perpendiculaire au plan; en ce cas, on a $sin\ i = 1$, $cos^3\ i = o$; et la répulsion agit seule. Ce résultat n'est pas naturel, mais il est conforme à notre hypothèse d'une particule linéaire; c'est-à-dire, d'une base plate du cylindre si petite, que l'action du courant attractif sur cette base évanouit. Plaçons maintenant la particule à l'extrême limite des forces attractives; c'est-à-dire, que d^2 devienne infini et que l'attraction devienne nulle. Si, à cette distance, nous plaçons la particule parallèle au plan; les deux forces, réduites selon le sens perpendiculaire, sont nulles. Si la particule est placée perpendiculairement au plan; la répulsion agira seule sans aucune diminution.

Je suis porté à croire que la contemplation de ces forces peut faire saisir des rapports applicables aux résultats de diverses expériences optiques. C'est pourquoi je les présente ici sous les expressions qui me paroissent propres à chacune d'elles.

SECTION II.

De la lumière.

CHAPITRE PREMIER.

De la lumière directe.

ARTICLE I.

De la lumière qui se meut dans le vide.

§. 33. Entre tous les phénomènes que l'on ne peut pas reproduire et varier à son gré par des expériences immédiates, aucun ne paroît mieux déterminé que la vitesse de la lumière.

J'ai entendu des physiciens présenter comme une *objection au système de l'émission*, la constance de cette vitesse. Sans discuter cette objection dans d'autres suppositions, nous dirons seulement qu'elle est sans force dans la supposition à laquelle nous conduit la théorie que nous venons d'établir.

§. 34. On est conduit par cette théorie à supposer qu'*une molécule élémentaire de lumière est une particule puppiforme.*

La pression qui agit dans sa concavité, après lui avoir fait parcourir la carrière d'accélération (sans doute d'une très-courte durée), *imprime à la molécule une vitesse terminale, toujours la même.* Les phénomènes seuls peuvent nous en faire connoître l'intensité. C'est une constante arbitraire sur laquelle la théorie ne peut rien nous apprendre.

§. 35. Cette vitesse de translation est accompagnée d'une rotation, qui a également sa vitesse terminale; et l'axe de rotation est perpendiculaire à la ligne de translation (§§. 18 et 19). Si, par quelque accident, au moment de l'émission, ou à toute autre époque, cet axe étoit dérangé, il en résulteroit une déviation. Peut-être ce cas devra-t-il être pris en considération; mais j'ai renoncé à cette recherche.

§. 36. Non-seulement cette vitesse est toujours la même, lorsqu'elle se maintient sans obstacle; mais elle ne peut manquer d'être la même, lorsqu'elle se renouvelle après avoir cessé; comme il arrive lorsque la lumière, engagée dans les pores des corps (ou mécaniquement ou par affinité), vient à se dégager subite-

ment (sous forme de flamme ou autrement) (1).

§. 37. Non-seulement encore la lumière, partant du point de repos, acquerra toujours la même vitesse terminale; mais, si elle vient à être retardée ou accélérée; elle recouvrera, dès qu'elle sera libre, exactement sa première vitesse. A-t-elle été retardée? — Elle achèvera sa carrière d'accélération et arrivera à sa vitesse terminale. A-t-elle été accélérée? — Elle sera ramenée à sa vitesse terminale par la résistance du courant antérieur (§. 19).

§. 38. La pression qui agit sur la concavité d'une particule puppiforme est une force finie. Cette force lutte contre une autre force finie (celle du courant antérieur) et l'emporte sur celle-ci. On peut donc comparer la différence de ces deux forces à une force unique de même intensité. Or on sait qu'une même force, agissant sur des masses différentes, produit des vitesses inégales. Si donc toutes les molécules de la lumière avoient une poupe précisément semblable et si elles différoient en masse; elles seroient douées de vitesses inégales. Par exemple, si les molécules du rayon rouge

(1) Notre sujet ne nous appelle pas à parler des causes et des circonstances de ce dégagement.

étoient plus massives que celles du rayon violet; elles seroient plus lentes. Je laisse aux observateurs à déterminer, entre quelles limites de telles différences de vitesses deviendroient sensibles (dans les occultations, les éclipses ou ailleurs). Mais sans m'arrêter à cette remarque, j'observe, que les particules puppiformes inégalement massives peuvent avoir la même vitesse terminale, pourvu que la pression compense, par son intensité, la supériorité de masse. Or, la pression ne dépend pas seulement de la vitesse du courant corpusculaire qui la crée; mais aussi de la forme du creux, ou de la poupe, sur laquelle ce courant agit; autre constante arbitraire, sur laquelle la théorie ne nous dirige et ne nous gêne nullement.

Il est donc très-possible que des molécules, qui se meuvent avec une inégale vitesse, soient un peu diversement conformées. *Il se peut que des rayons de lumière équivéloces soient de masses inégales.* Cette remarque aura son application dans la théorie de la réfraction (§. 83). Mais elle s'applique aussi à quelques phénomènes de la lumière directe.

§. 39. *Premièrement.* Les découvertes récentes sur les rayons solaires étrangers à la lumière (calorifiques, chimiques ou autres) ne

semblent pas mal d'accord avec nos principes. Il se peut que quelques particules puppiformes, étant légèrement différentes, et cependant équivéloces (ou sensiblement ou rigoureusement) (§. 38), produisent toutes les sensations variées de la lumière (les couleurs); tandis que d'autres particules fort différentes de ces premières (ou en forme générale, ou en masse, ou en forme particulière de leur poupe), ne peuvent produire une telle sensation, mais bien celle de la chaleur (où immédiatement ou par quelque alliance), ou bien encore certains phénomènes chimiques ou autres.

§. 40. *Secondement.* On sait que les rayons de diverses couleurs forment des nuances en nombre infini; puisque les lignes terminatrices du spectre solaire, dans sa largeur, paroissent droites. Sans nous occuper de la question, peut-être psycologique (1), relative à la détermination plus précise d'un nombre très-limité de couleurs primitives, que l'œil discerne et à chacune desquelles on applique un nom constant; nous nous contenterons d'observer qu'il est fort naturel de supposer que, parmi

(1) Voyez les *Mémoires de Berlin pour* 1802, *phil. spéc.*, *pag.* 75.

filet, sont très-probablement séparées par de fort grands intervalles; en sorte que leurs rencontres mutuelles sont fort rares.

§. 42. Tous les phénomènes nous forcent à concevoir les molécules de la lumière comme singulièrement petites et rapides; en sorte que *le moindre rayon*, soumis à nos expériences, *contient un nombre immense de filets; dont chacun envoie, sur un même point physique, un nombre immense de molécules, pendant un temps très-petit.*

ARTICLE 2.

De la lumière qui se meut dans un milieu matériel.

§. 43. Tout milieu matériel (tout corps diaphane) est, par rapport à la lumière, d'un tissu uniforme; puisqu'il lui permet une direction sensiblement rectiligne, quoiqu'elle soit soumise à diverses forces, qu'exercent sur elle les particules constituantes d'un tel milieu.

§. 44. A quelque petite distance de la surface terminatrice d'un milieu matériel, la molécule lumineuse, qui est dans le vide, éprouve une attraction (perpendiculaire à cette surface), qui est l'effet de l'attraction en masse de toutes les par-

ticules qui la composent. Dès que la molécule est entrée dans le milieu, si toute nouvelle influence cessoit, la molécule reprendroit sa précédente vitesse terminale (§. 37). Mais elle éprouve l'attraction de chaque particule, dont elle se trouve le plus rapprochée.

§. 45. Au premier instant de son entrée, elle suit la dernière direction que lui a imprimée l'attraction en masse, combinée avec sa vitesse propre et primitive. Dès-lors, elle se meut en ligne droite (ou réellement ou sensiblement), étant à chaque instant accélérée et retardée tour-à-tour par chacune des particules qu'elle trouve sur son passage.

§. 46. Ainsi la molécule lumineuse, jouissant toujours de la vitesse perpendiculaire qu'elle a acquise, se trouve à chaque instant en proie à des alternatives d'accélération et de retardation sur la route qu'elle a prise dans le milieu matériel.

§. 47. Supposons maintenant qu'elle sorte de ce milieu matériel pour rentrer dans le vide, après avoir traversé une lame matérielle terminée par deux surfaces parallèles; sa route, à l'émergence, sera parallèle à celle qu'elle suivoit avant l'immergence. Car, dès son entrée, jusqu'à sa sortie, chaque particule du mi-

lieu l'a successivement accélérée et retardée, ensorte que finalement l'effet en est nul. Et par conséquent il ne reste plus que l'accélération perpendiculaire de l'entrée que compense exactement la retardation perpendiculaire à la sortie ; l'une et l'autre produites par l'attraction en masse.

§. 48. C'est à l'aide de ces attractions et retardations continuelles, produites par les particules du milieu matériel, que se conserve l'accélération produite par l'attraction en masse, selon la direction perpendiculaire au plan attractif, malgré la résistance du courant antérieur des corpuscules.

§. 49. Il suit de ce que nous venons de dire, que *la molécule lumineuse* ne *jouit* pas proprement, dans un milieu matériel, d'une vitesse additionnelle constante, comparativement à la vitesse qu'elle auroit dans le vide ; mais bien *d'une vitesse additionnelle constamment renouvelée,* laquelle à la fin se manifeste conforme à la loi de la réfraction.

CHAPITRE II.

Considérations générales sur la réflexion et la réfraction.

NOTRE dessein est de faire emploi de la théorie qui a été exposée ci-dessus pour expliquer les lois de la réflexion et de la réfraction. A cet effet, dans ce chapitre, nous commencerons par rappeler les principes communs en cette matière ; puis nous remettrons sous les yeux des physiciens ceux qui nous sont propres, et nous préparerons les conséquences que nous en voulons déduire.

ARTICLE 1.

Principes communs.

§. 50. Rappelons avant tout les conceptions, familières aux physiciens, sur la nature de la force qui agit à la surface d'un plan pour attirer la lumière. Cette force agit perpendiculairement au plan ; elle a son maximum à la surface extrême et mathématique du plan. De

part et d'autre de cette surface extrême, l'attraction agit dans le même sens, mais plus foiblement.

On considère cette action comme égale de part et d'autre à égale distance du maximum, quoique cela ne soit pas d'une vérité rigoureuse.

Parlant toujours, en ce moment, d'après les principes généralement avoués ; nous rappellerons encore, que les phénomènes de la réflexion et de la réfraction ont lieu, suivant leurs mêmes lois respectives, en deux circonstances, que l'on peut nommer inverses l'une de l'autre ; savoir, 1.° quand le rayon lumineux tend à passer d'un milieu moins réfringent dans un milieu plus réfringent ; 2.° lorsqu'il tend à passer du milieu plus réfringent dans le moins réfringent.

Dans le premier cas, la réflexion s'opère par une force répulsive ; dans le second cas, par une force attractive.

La réfraction paroît s'opérer, dans les deux cas, par une force attractive ; sans que l'on puisse affirmer toutefois que la répulsive n'ait pas quelque influence pour en modifier l'effet.

§. 51. Lorsque la molécule lumineuse tombe, sous une inclinaison quelconque, sur un plan attractif ; elle est douée d'une vitesse

que l'on décompose en deux, l'une parallèle et l'autre perpendiculaire à ce plan. L'attraction et la répulsion s'ajoutent ou se retranchent; la force perpendiculaire du rayon en est augmentée ou diminuée. Ces forces, agissant en sens opposé, se surpassent mutuellement selon diverses circonstances.

ARTICLE 2.

Principes propres à la théorie exposée ci-dessus (1).

§. 52. On a vu comment, dans les particules puppiformes, la répulsion naît de l'attraction (§§. 10 et 27.). Le cas où la force de pression passe par le centre de gravité de la particule (§. 10.) étant écarté, comme infiniment improbable; toutes les particules repoussées par un plan attractif auront un double mouvement, savoir un mouvement de translation et un mouvement de rotation; et la répulsion qu'elles éprouveront naîtra de l'inclinaison de la poupe ou de son retournement vers le plan, qui donnera à la trace de la particule l'apparence d'un cône (ou d'un pa-

(1) Dans les Sections I et II de ce Livre.

rasol) (§. 26.). Si le disque apparent (que forme cette même trace, avant l'entrée dans la plage d'attraction) est parallèle, ou à peu près parallèle, au plan attractif; la particule est dans une situation plus favorable à la répulsion, que si ce même disque apparent est perpendiculaire au plan, ou seulement plus éloigné du parallélisme (§. 30.).

§. 53. Un rayon de lumière est composé d'une multitude de molécules, dont les axes de rotation sont tous également perpendiculaires sur la direction du rayon (§. 18.). Et comme ces axes sont d'ailleurs sans doute en toutes sortes de situations variées, les cercles de rotation seront bien représentés par un nombre indéfini de méridiens, placés sur un même axe et composant une espèce de sphère armillaire réduite aux seuls méridiens (1).

§. 54. Quelle que soit l'inclinaison du cercle de rotation sur sa trajectoire; une molécule lumineuse, qui se meut dans un même milieu matériel, suit une route sensiblement rectiligne,

---

(1) Cette image ne doit pas être trop pressée, puisque sans doute les molécules sont disséminées sur le rayon et n'ont pas un centre commun de rotation. Mais cette différence n'a rien ici d'important.

avec une vitesse alternativement retardée et accélérée (§. 46.). Elle y jouit d'une vitesse additionnelle (comparativement à celle dont elle jouiroit dans le vide). Mais cette vitesse n'est pas constante ; elle est constamment renouvelée (§. 49.).

ARTICLE 3.

Préparation des conséquences applicables à notre sujet.

§. 55. Considérant un seul et même rayon d'inclinaison donnée, on peut distinguer ses cercles de rotation (ses disques apparens) en deux classes ; les uns sont tellement situés que, dans le cours d'une seule et même rotation, les impressions de la force attractive sur la poupe de la molécule, faites en différens points de la circonférence du cercle de rotation, peuvent passer pour égales et simultanées. Les autres sont dans une situation telle, qu'au même instant, la simultanéité et l'égalité entre les impressions de la force d'attraction sur la poupe, en différens points d'une seule et même rotation, ne peuvent avoir lieu, même sensiblement.

§. 56. Cette distinction entre les disques

tient essentiellement à leur situation, plus ou moins inclinée sur le plan attractif (1). Si l'inclinaison est petite, si le disque est presque parallèle au plan ; les différens points de sa circonférence reçoivent, dans le même instant, des impulsions égales ; parce qu'ils plongent à la fois sensiblement dans une même couche de la plage d'attraction (2). Mais si le disque est fort incliné sur le plan attractif ; la poupe, dans la partie *inférieure* du disque, est atteinte, au même instant, plus fortement que dans la *supérieure*, (employant ces mots par rapport au plan, comme si celui-ci étoit horizontal et plus *bas*.).

Cette dernière assertion peut être présentée d'une manière plus précise. S'il se fait au moins une rotation pendant que le centre de gravité de la molécule descend d'une longueur égale au demi-diamètre du cercle de rotation, l'assertion est rigoureuse. Elle est d'autant plus probable dans les autres cas, que le rapport

---

(1) Quoiqu'ici nous considérions l'inclinaison, comme la seule circonstance qui détermine la réflexion ; on verra plus tard que d'autres peuvent influer (§§. 79 et 97.).

(2) En d'autres termes, on peut supposer le cercle de rotation décrit dans un instant sensiblement indivisible.

des deux vitesses (de rotation et de chute) approche plus de cette limite.

Dans ce qui suivra, je raisonnerai avec d'autant plus de confiance en cette assertion, que (soit par la théorie, soit par certaines conséquences déduites de l'observation) la rapidité des rotations paroît devoir être très-grande.

§. 57. La distinction que je viens d'exposer servira de base aux explications suivantes. Ainsi, envisageant d'abord le cas où le rayon tend à passer d'un milieu moins réfringent dans un milieu plus réfringent; voici les conséquences de la différence de situation entre nos disques (§. 55.).

Si le disque est peu incliné, presque parallèle; si en conséquence on peut légitimement admettre, qu'à chaque instant la poupe est poussée simultanément et avec une égale énergie pendant tout le cours d'une seule et même rotation; la molécule sera réfléchie selon la loi.

Si le disque est fort incliné, presque perpendiculaire; et si en conséquence, au même instant, la poupe est atteinte dans la partie inférieure du disque, plus fortement que dans la supérieure; la molécule sera réfractée selon la loi.

Il faudra étendre, de part et d'autre, aux situations intermédiaires ce qui aura été dit des extrêmes; de manière que tous les disques se trouvent compris dans cette division.

Après avoir discuté le cas où le rayon tend à passer du moins réfringent au plus réfringent; nous considérerons le cas inverse: et nous ferons un emploi analogue de la même distinction.

CHAPITRE III.

De la réflexion.

ARTICLE 1.

Du cas où le rayon tend à passer d'un milieu moins réfringent dans un milieu plus réfringent.

§. 58. Pour que la réflexion ait lieu, il faut que le disque apparent soit peu incliné; ainsi nous appliquerons à ce cas la supposition énoncée ci-dessus et que je répète ici.

Hypothèse. Les impressions de la force attractive, agissant sur la poupe en deux points différens d'une seule et même rotation, peuvent être envisagées comme égales et simultanées.

§. 59. *Théorème* 1. Dans cette hypothèse, le courant qui produit l'attraction diminue l'inclinaison du cercle de rotation sur le plan attractif.

Démonstration. Soient (*Fig. p.*) AA', le plan attractif; DD', un diamètre incliné du cercle de rotation; C, le centre de rotation d'une molé-

cule lumineuse, dont la poupe est aux points D,D′, avant toute impression de la force attractive ;

d, d', les points où cette poupe est amenée par la première impression de la force attractive, supposée égale de part et d'autre : (les angles de déviation, DC d, D′ C d', sont égaux);

df, $d'f'$, seconde impression de la force attractive, supposée égale de part et d'autre : ($df = d'f'$);

pf, $p'f'$, force efficace pour le retournement (c'est-à-dire, la partie de la force attractive de seconde impression, qui est perpendiculaire sur la longueur, dC, d'C, de la molécule).

Je dis, que $pf \searrow p'f'$.

En effet C df + C $d'f' \searrow$ C $d'f' + f'd'p'$. Donc, C$df \searrow f'd'p'$. Et *sin.*C$df \searrow$ *sin.*$f'd'p'$; ou (pour le rayon $df = d'f'$), $pf \searrow p'f'$.

Corollaire 1. Pendant que le disque change ainsi de position, l'axe de rotation se meut constamment dans un plan perpendiculaire au plan attractif.

Car, il est constamment perpendiculaire au diamètre sur lequel le disque tourne; et ce diamètre est parallèle au plan attractif.

Corollaire 2. Il en est de même de l'axe du cône, à mesure que le disque se change

en cône (§§. 52 et 26.). Car, ou cet axe se confond avec l'axe de rotation, ou il est tout au moins dans le même plan normal.

Remarque. Dans ce qui suit, nous parlerons encore du disque (quoiqu'il se change infailliblement en cône); mais nous mentionnerons en même temps l'axe du cône. Ainsi le disque ne servira que d'emblême fictif; et ce sera constamment un disque sur lequel l'axe de rotation est perpendiculaire. Ce sera ce que l'on pourroit appeler l'*ancien disque*, ou l'ancien cercle de rotation, tournant sur un de ses diamètres.

Corollaire 3. Le courant qui produit l'attraction, à force de diminuer l'inclinaison du disque, l'amène à une situation parallèle au plan attractif; ou bien l'axe du cône devient perpendiculaire à ce plan.

§. 60. *Théorème* 2. De la situation dans laquelle le disque est parallèle au plan attractif, il est amené à une situation telle que le demi-disque supérieur se trouve du côté du diamètre où étoit l'inférieur, et réciproquement (1);

(1) Il s'agit du diamètre sur lequel le disque tourne. On détermine le *côté* du diamètre par un plan passant par ce diamètre et perpendiculaire au plan attractif.

en d'autres termes, les deux situations extrêmes du cercle de rotation forment un angle dièdre dont l'arête est parallèle au plan attractif.

En effet, quand le disque a atteint la situation parallèle, la poupe se trouve avoir fait une espèce de chute, par rapport au centre de gravité de la molécule. Cette chute, due à l'impulsion du courant attractif, ressemble à celle d'un pendule. Il en résulte donc une vitesse finale de la poupe qui doit la faire remonter autour de son centre de gravité (comme autour d'un point de suspension). Or l'axe se meut dans un plan perpendiculaire au plan attractif (§. 59. cor. 1.). Donc, deux situations opposées quelconques du disque forment un angle dièdre, dont l'arête est parallèle au plan.

§. 61. *Théorème* 3. Le cône, dans lequel se change le disque par l'effet du courant attractif, a d'abord son axe oblique; puis perpendiculaire; puis oblique dans le sens opposé.

C'est ce qui résulte évidemment de nos suppositions. Le mouvement de l'axe (comme celui du disque dont il dépend) est quasi-pendulaire.

Corollaire 1. L'inclinaison de la poupe est la même à égale distance du plan attractif.

Corollaire 2. A distance égale du plan at-

tractif, les impressions de la force répulsive, dans le sens directement opposé à celui de l'attraction, sont égales. Car, l'intensité de cette force dépend uniquement de l'inclinaison de la poupe.

§. 62. *Théorème* 4. Si la répulsion suffit à détruire la force perpendiculaire du rayon et celle de l'attraction réunies; la réflexion a lieu selon la loi.

Preuve généralement exprimée. Puisque la répulsion a suffi à détruire les forces opposées (l'attraction et la vitesse perpendiculaire du rayon), elle doit suffire à détruire l'attraction et à créer une vitesse en sens opposé égale à la vitesse perpendiculaire du rayon qu'elle a détruite.

En détail. Quand le cône apparent a pris la situation dans laquelle son axe est perpendiculaire au plan attractif, puisque la répulsion l'emporte sur les forces opposées, la molécule doit commencer à remonter. Mais la poupe a acquis une vitesse pendulaire finale, en vertu de laquelle elle doit remonter à la hauteur dont elle est descendue. Ainsi dans le temps qu'elle a mis à descendre, elle remontera d'autant. Mais il résulte de ce qui précède que la molécule, au bout de ce temps, aura été

ramenée au point de départ. Donc, la poupe sera replacée en repos, lorsque la molécule sera revenue précisément à l'extrême limite de la plage d'attraction.

§. 63. *Remarque* 1. Tout cela suppose que la répulsion ne l'emporte pas sur les forces opposées, avant que le disque ait acquis la situation parallèle au plan attractif, ou bien, avant que l'axe du cône soit devenu perpendiculaire à ce plan. Car, si elle l'emporroit avant cette époque, la loi seroit violée. Du reste, si elle ne l'emporte pas à cette époque, il est impossible qu'elle l'emporte plus tard; car cette situation, parallèle au plan, est la plus favorable à la répulsion. S'il pénétroit au-delà, le disque (ou le cône) ne seroit plus repoussé; car, à mesure qu'il pénétreroit dans la plage d'attraction, il seroit toujours plus fortement attiré.

Remarque 2. Il ne peut y avoir, pour le disque (ou le cône), qu'une seule oscillation. Mais il n'est pas nécessaire que la molécule soit entièrement retournée. Il suffit que l'axe du cône apparent devienne perpendiculaire au plan et que la répulsion l'emporte sur les forces opposées.

§. 64. Ce mouvement pendulaire, s'exécutant latéralement par des forces égales des deux

côtés du plan d'incidence, n'affecte point la direction finale du rayon. De plus, le plan du cercle de rotation est ramené dans une position symétriquement semblable à celle qu'il avoit d'entrée, position requise pour que la direction du rayon réfléchi soit un diamètre de ce cercle; ce qui est une condition nécessaire (§§. 53 et 18.). Le diamètre du disque qui se confond avec la trajectoire est, dans le rayon incident et dans le rayon réfléchi, également incliné sur le plan attractif; et le plan de réflexion est le même que celui d'incidence. Le plan du disque, ou cercle de rotation, fait avec le plan attractif un angle qui est, après la réflexion, égal à ce qu'il étoit avant l'incidence.

§. 65. Cette assertion est aisément déduite de la proposition suivante, dont il est superflu de donner aucune démonstration.

Sur un plan P, soit tracée une droite, servant de sommet ou d'arête à un angle dièdre, dont les deux faces, F,F', sont également inclinées sur le plan P. Qu'un autre plan P', perpendiculaire au plan P, coupe l'arête et par conséquent les deux faces F,F', sous un angle quelconque.

Je dis, que les deux intersections, du plan P'

et des deux faces F,F', sont également inclinées sur le plan P.

ARTICLE 2.

Du cas inverse.

§. 66. Si le rayon tend à passer d'un milieu plus réfringent dans un milieu qui l'est moins; la réflexion s'opère par attraction. Si l'attraction est foible, lors même que la répulsion ne la diminue pas; elle ne sera pas aussi efficace pour lutter contre la force de translation, que peut l'être une attraction plus forte, bien que diminuée par la force répulsive. Or ce sont les cercles de rotation perpendiculaires au plan attractif qui éprouvent des actions foibles des deux forces (§. 31.). Ce seront donc ceux-là qui seront transmis. Les disques peu inclinés seront réfléchis comme dans le cas précédent (1); et la réflexion aura lieu selon la loi, par les mêmes raisons qui ont été exposées ci-dessus, avec de légers changemens d'expression faciles à suppléer (§. 62.).

§. 67. La seule chose qu'il importe de faire

(1) L'inclinaison toutefois n'est point la seule cause qui influe ici (§§. 76, 97).

remarquer est la différence entre les deux cas ; ou la raison qui fait que dans l'un la répulsion l'emporte, et dans l'autre l'attraction. Cette raison est que l'époque où la réflexion s'opère diffère de l'un à l'autre. C'est ce qui devient sensible en entrant dans quelques détails.

Lorsque la molécule lumineuse se meut dans le vide et tend à passer dans un milieu matériel ; à peine l'attraction de celui-ci commence-t-elle à se faire sentir, que la répulsion naît, foible d'abord, mais croissant rapidement, parce que la rotation est la seule force qui contrarie le retournement de la poupe. Il arrive donc que la répulsion l'emporte sur la foible attraction initiale, quoique celle-ci conspire avec la force perpendiculaire du rayon.

Lorsque la molécule se meut dans le milieu matériel et tend à passer dans le vide ; l'attraction qu'exerce sur elle chaque particule isolée (§. 44.) l'empêche d'obéir à l'attraction en masse, à l'époque où celle-ci commence à se faire sentir. A cette époque, le retournement ne peut être produit par cette attraction perpendiculaire au plan attractif ; car, s'il a lieu, il se fait toujours dans la direction de l'attraction prépondérante. La molécule est donc

simplement retardée par l'attraction en masse, et se trouve ainsi ramenée à sa vitesse terminale, au moment peut-être où elle atteint la surface mathématique et où l'attraction, parvenue à son maximum, opère le retournement de la poupe. A cette époque, la force attractive accumulée suffit pour détruire la vitesse perpendiculaire du rayon et la force de répulsion réunies, parce que celle-ci n'est qu'initiale et que le temps lui manque pour s'accroître et s'accumuler.

CHAPITRE IV.

De la réfraction.

ARTICLE I.

Du cas où la réfraction s'opère en passant dans un milieu plus réfringent.

§. 68. Les molécules lumineuses réfractées sont communément celles dont les disques ou cercles de rotation sont les plus inclinés au plan attractif (1). Elles sont donc de la classe de celles auxquelles on peut appliquer l'hypothèse suivante :

Hypothèse. Les impressions de la force attractive, agissant sur la poupe en deux points différens d'une seule et même rotation, ne peuvent pas être envisagées comme égales et simultanées (2).

§. 69. *Théorème* 1. Dans cette seconde hy-

(1) Voyez la note (1), au §. 56, pag. 292.

(2) Voyez le §. 56.

pothèse, le courant attractif augmente l'inclinaison du cercle de rotation.

Démonstration. D'après cette seconde hypothèse, la poupe doit être atteinte dans la moitié inférieure du disque, avant de l'être dans la supérieure : et comme cela se répète de couche en couche ; l'attraction croissant en intensité, l'effet a lieu constamment jusqu'au maximum d'attraction. Il en doit résulter, pour un disque déjà fort incliné, que la poupe, vers le bas, se dirigera plus perpendiculairement vers le plan, et que, lorsqu'en achevant sa rotation elle aura atteint la partie supérieure, cette situation plus inclinée diminuera beaucoup la force du retournement. Ainsi augmentera l'inclinaison.

Corollaire 1. Elle deviendra donc enfin de 90° ; c'est-à-dire, que le cercle de rotation sera perpendiculaire sur le plan attractif.

Corollaire 2. Puis, par sa vitesse finale, le disque sera porté en delà et son inclinaison aura lieu dans l'autre sens. Delà, par la même cause, l'oscillation se répètera en sens opposé.

Corollaire 3. Ainsi la force répulsive moyenne sera perpendiculaire au plan.

Remarque. Le cercle de rotation sera toujours parallèle au plan d'incidence; et par con-

séquent, sensiblement le même. Car l'impulsion du courant n'a d'autre effet que de diriger la poupe de manière à rendre le disque perpendiculaire au plan attractif. Dans cette situation, la direction de la molécule est déterminée par celle du rayon lumineux dont elle fait partie, direction qu'elle a acquise et qu'elle conserve. Ainsi son plan de rotation est tel qu'il s'y trouve une parallèle au rayon incident et qu'il est perpendiculaire au plan attractif (*Cor. 3.*). C'est donc un plan parallèle à celui d'incidence et qui se confond sensiblement avec celui-ci.

§. 70. *Théorème 2.* Si l'attraction, jointe à la force perpendiculaire du rayon, l'emporte sur la répulsion; la réfraction a lieu selon la loi observée.

Car la force (l'excès de l'attraction sur la répulsion) est égale à égale distance du plan, quelle que soit l'inclinaison du rayon; comme je vais le faire voir avec quelque développement. Or cette égalité suffit pour la loi.

§. 71. A égale distance du plan attractif, quelle que soit l'inclinaison du rayon, la force, c'est-à-dire, l'excès de l'attraction sur la répulsion, est égale.

Cela est évident pour le cas où le disque est perpendiculaire sur le plan attractif.

§. 72. Cela est également vrai de toutes les molécules dont les disques sont voisins de la situation perpendiculaire. Car 1.° quant à l'effet de la répulsion dans le sens perpendiculaire au plan attractif, on peut l'envisager comme nul d'origine (§. 73.). Et 2.° quant à l'effet dans un sens parallèle au plan, on peut l'envisager comme nul par la compensation que produisent les oscillations (§. 74.).

§. 73. L'effet de la répulsion, dans le sens perpendiculaire, est nul d'origine.

Quelque situation de la molécule que l'on envisage dans le cours d'une rotation : Par sa poupe, dans le cercle de rotation, soit mené un diamètre ; et à l'autre extrémité de ce diamètre, la molécule se trouvera dans une situation semblablement inclinée, mais opposée (en ce sens, que ce qui est répulsion d'un côté est attraction égale de l'autre). Donc, à chaque rotation, la molécule est également attirée et repoussée ; c'est-à-dire, que l'effet de la répulsion est nul d'origine ; ou mieux, la pression, dans l'intérieur de la concavité, reste sans effet.

§. 74. L'effet de la répulsion, dans le sens parallèle, est nul par la compensation que produisent les oscillations.

Si d'un côté la molécule est poussée vers

le plan d'incidence par une force latérale qui est l'effet de la répulsion; lorsqu'en vertu de son oscillation elle aura pris la situation symétriquement opposée, elle sera rejetée par une force égale à celle qui l'avoit jetée de ce côté-là. Donc la compensation a lieu.

§. 75. Il n'y a donc, pour la loi, rien de requis que la condition énoncée dans l'hypothèse. Ainsi la loi de la réfraction se trouve résulter de nos principes.

§. 76. *Remarque.* Il faut peut-être ajouter que la force d'attraction doit être suffisante pour que les oscillations se précipitent de plus en plus et amènent la situation perpendiculaire au plan.

Si cette condition est nécesaire, elle n'a rien d'invraisemblable. Dans le cas actuel, l'attraction agit des deux côtés du plan normal avec le même avantage, et l'attraction va croissant à mesure que la molécule avance; au lieu que dans le cas de la réflexion, la molécule éprouve dans son ascension précisément les mêmes forces qu'elle a éprouvées dans sa descente, ou réciproquement.

ARTICLE 2.

Du cas inverse.

§. 77. Si le rayon tend à passer d'un milieu plus refringent dans un milieu qui l'est moins; la transmission aura lieu pour les cercles de rotation perpendiculaires ou presque perpendiculaires au plan attractif (§. 32.). Et par les raisons données, toutes également applicables aux deux cas, il y aura une réfraction conforme à la loi (§. 75.).

ARTICLE 3.

Quelques observations particulières.

§. 78. Sous toutes les incidences, il doit y avoir quelque transmission; car, parmi les cercles de rotation, il y en a toujours un qui est perpendiculaire au plan attractif et plusieurs très-voisins de cette situation.

Et par les raisons qui seront simplement indiquées (§. 79 et 97.), il y aura aussi réflexion sous toutes les incidences.

§. 79. Toutes les molécules qui composent un rayon dont l'incidence est perpendiculaire au plan attractif sont, relativement à ce plan

dans la même situation. Il sembleroit donc que, si l'une est transmise, toutes doivent l'être.

Voici cependant trois modifications à cette assertion :

1.° Ces diverses molécules lumineuses n'entrent pas sans doute dans la plage attractive sous les mêmes conditions, dans la même situation, à la même époque de leur rotation ; les unes l'atteignent au moment où leur poupe se dirige vers le plan, les autres dans la situation inverse, d'autres dans des situations intermédiaires. Celles qui sentent l'attraction au moment où elles sont parallèles au plan attractif doivent être plus aisément forcées à diriger leur poupe vers ce plan.

2.° Il n'est pas impossible que des particules puppiformes équivéloces soient un peu diversement conformées (§. 38.), et soient par conséquent différemment affectées de la force du courant attractif et de celle qui agit sur leur concavité.

3.° Peut-être faut-il ici faire quelque emploi de la rotation sur trois axes, ou du balancement probable de nos particules puppiformes (§. 23.). Que toutes les molécules d'un même rayon de lumière décrivent des courbes exactement pareilles, mais avec un tel balan-

cement; on concevra aisément que certaines époques de ce balancement seront plus favorables à la réflexion et d'autres moins.

§. 80. La proposition 95 du liv. I des *Principes* de Newton porte, que la vitesse avant la réfraction est à la vitesse après la réfraction, inversement comme le sinus d'incidence est au sinus de réfraction. La théorie exposée ci-dessus établit la même proposition; puisque celle-ci dérive du principe, que les forces qui agissent perpendiculairement à la surface refringente sont égales à égale distance.

La seule différence entre nos conceptions et les conceptions le plus familières aux physiciens est, qu'ils envisagent la vitesse de la lumière, dans un milieu quelconque, comme uniforme et continue; tandis que, dans les milieux matériels, nous envisageons cette vitesse comme discontinue et continuellement renouvelée (§. 49.).

Cela ne change rien aux démonstrations neutoniennes; car, dans celles-ci, on ne fait attention qu'à ce qui se passe dans le petit temps d'immergence ou d'émergence, pendant lequel la molécule lumineuse cède à la force réfringente; c'est-à-dire, pendant lequel elle traverse la surface dirimante.

§. 81. A l'instant où elle a passé la limite de la plage attractive, on se souvient que, dans notre théorie, la molécule émergente reprendroit sa vitesse terminale naturelle (c'est-à-dire, celle qu'elle a dans le vide), si les attractions des particules qu'elle traverse ne lui imprimoient pas, à chaque instant, de nouvelles vitesses (§. 47.). Si nous considérons de plus près cette attraction des particules, nous comprendrons qu'elle doit être une force accélérée, telle que la vitesse finale, produite par l'attraction d'une particule, doit être proportionnelle au temps employé à la produire.

Supposons maintenant que la particule, qui appartient au milieu et qui se trouve sur la route de la molécule lumineuse, se meuve elle-même et qu'elle aille à la rencontre de celle-ci. Il arrivera que le temps et la vitesse finale diminueront proportionnellement.

Dès lors, à la dernière de ces attractions où se détermine la réfraction, le rayon réfracté, qui suit la diagonale du rectangle sous deux forces (la vitesse finale et la vitesse imprimée par l'attraction), sera toujours parallèle à lui-même. Le mouvement de translation du milieu n'influera pas sur la réfraction.

C'est le résultat qu'a obtenu M. Arago,

dans une ingénieuse expérience d'aberration, suggérée dans l'origine par M. LAPLACE, et dont M. BIOT a rendu compte dans son *Astronomie* (1).

Je soumets cette remarque au jugement des physiciens. C'est à eux de voir si elle peut concourir à expliquer le phénomène, pour lequel M. ARAGO a proposé une conjecture fort heureuse, que j'ai déjà eu occasion de mentionner (§. 40).

§. 82. Dans la 29.e question, à la fin du IIIe livre de son *Optique*, NEWTON s'exprime ainsi: « Rien de plus n'est requis pour produire toute la variété des couleurs et des » degrés de réfrangibilité, sinon que les rayons » de la lumière soient des corps de différentes » grosseurs. Les plus petits feront le violet, » la plus foible et la plus sombre des couleurs, » et seront plus aisément déviés de leur course » rectiligne par les surfaces réfringentes. Les » autres, selon qu'ils seront successivement » plus gros, feront des couleurs successivement » plus fortes et plus vives; le bleu, le vert, » le jaune et le rouge; et seront déviés plus

(1) *Traité élémentaire d'astronomie physique, par J. B. BIOT, 2.de édition, T.* III, *pag.* 141.

» difficilement selon ce même ordre successif. »

Qu'entend NEWTON par le mot *grosseur* (1)? On suppose ordinairement qu'il entend la masse, sur quoi se présente à l'esprit la remarque suivante :

Remarque. La propriété carastéristique des couleurs est leur différente réfrangibilité. On sait que NEWTON envisage la réfraction comme un effet de l'attraction. Communément cet auteur parle de l'attraction comme étant proportionnelle aux masses. Or, si l'attraction qui produit la réfrangibilité est proportionnelle aux masses; il est facile de voir que la masse des rayons de lumière ne peut opérer aucune variation dans la réfrangibilité.

Qu'a donc entendu NEWTON ? — C'est une recherche que je n'entreprends pas.

§. 83. Mais à cette occasion, j'observe que si (conformément à notre théorie) l'attraction est l'effet d'un courant impulsif; elle n'est probablement pas proportionnelle aux masses, mais plutôt aux surfaces, lorsqu'elle s'exerce sur des corps très-petits, peut-être élémentaires, probablement peu poreux, peu ou point perméables, tout-à-fait différens, sous ce rap-

(1) *Size.*

port, des grands corps composés, chez lesquels la loi des masses se manifeste. On peut donc aisément concevoir des molécules de masses inégales inégalement poussées ; ou (ce qui est le cas plus probable) des molécules à peu-à-près de même forme , et tout-à-fait équivéloces , mais de masses inégales (§. 58.). Dans ce dernier cas, presque toujours, les moins massives seront plus efficacement atteintes par le courant, qui produit l'attraction en les poussant sur un plan. Ainsi la conjecture de NEWTON n'offre plus d'impossibilité ; elle acquiert de la vraisemblance et par-là même de l'intérêt.

§. 84. Les moins massives (toutes choses égales) doivent céder plus aisément à la force qui incline leur poupe vers le plan attractif. Cela doit donc les rendre plus réflexibles (en donnant à ce mot le sens dans lequel NEWTON l'a employé, lorsqu'il a observé que le rayon le plus réfrangible est aussi le plus réflexible)(1).

§. 85. Il est vrai que, comme les rapports de réfrangibilité de divers rayons colorifiques diffèrent en certains milieux (crown-glass et flint-glass, par exemple) ; il faut toujours supposer qu'il y a, dans la constitution de ces milieux, quelque

(1) Optic. Liv. I, Part. 1, Prop. 3.

chose de particulier qui influe dans le phénomène. Il ne seroit pas impossible peut-être que des rapports de masse et de figure produisissent ces différences. Mais je ne voudrois rien hasarder sur un sujet, où je n'aurois à offrir que de simples conjectures.

CHAPITRE V.

De la double réfraction.

§. 86. LA loi de HUYGENS sur la double réfraction, si bien analysée par les physiciens et géomètres modernes, peut être exprimée brièvement ainsi : Un rayon qui tombe sur un cristal transparent éprouve une réfraction ordinaire et une réfraction extraordinaire ; celle-ci est produite par la répulsion de l'axe. Si le plan d'incidence est perpendiculaire à l'axe ; le rayon extraordinairement réfracté suit la loi commune. Si le plan d'incidence est parallèle à l'axe ; ce rayon extraordinaire suit une autre loi. Dans les cas intermédiaires, l'effet est moyen. Tous ces effets, en chaque cas donné, sont compris dans la construction d'un certain ellipsoïde.

Ce phénomène a été rapporté par HUYGENS à la théorie des ondes (1) ; par M. LAPLACE

(1) En pliant ce système à la loi mathématique qu'il avoit découverte ; et cela à l'aide de la supposition d'une formation d'ondes elliptiques, dont on ne peut

au principe de la moindre action et par là même de l'émission.

Nous laisserons à d'autres le soin de pénétrer dans ce sujet ; en faisant remarquer toutefois que le principe de la moindre action paroît s'appliquer très-bien à toute théorie qui, comme la nôtre, est fondée sur l'attraction. Nous nous bornerons du reste à quelques remarques préparatoires.

§. 87. *Remarque 1.* Si l'on considère la nature de la plupart des cristaux (par exemple, de la chaux carbonatée primitive, ou cristal d'Islande) ; on comprendra que, chacune de leurs particules cristallisées étant composée, chacun des élémens qui la composent (par exemple, la chaux, l'acide carbonique,) doit avoir une force attractive différente ; et que l'influence de ces forces, ou leur résultante, est difficile à déterminer dans les diverses formes possibles de combinaison.

§. 88. *Remarque.* 2. On peut bien affirmer, je pense, qu'aucune opération mécanique n'est

---

donner aucune raison physique, comme l'observe bien judicieusement M. Biot, dans l'excellent article que M. Maurice a fourni sur Huygens à la *Biographie universelle.*

capable de briser une molécule primitive élémentaire. Ainsi, lorsqu'on scie un cristal perpendiculairement ou parallèlement à l'axe, il faut concevoir que le poli apparent des nouvelles surfaces que l'on crée n'est pas réel. Scie-t-on *perpendiculairement* la chaux carbonatée primitive? On obtient un plan apparent, sur lequel en réalité s'élèvent de place en place des pointes régulières. La scie-t-on *parallèlement?* Le plan offre des pointes inclinées d'un seul côté.

§. 89. *Remarque* 3. Dans certains cristaux, on observe une attraction de l'axe, et dans d'autres une répulsion. C'est une découverte de M. Biot (1).

D'où que proviennent ces forces, une telle variété ne peut étonner dans une théorie qui suppose que l'attraction et la répulsion naissent ensemble et peuvent se surpasser mutuellement (§§. 51, 52, 13.).

§. 90. A la suite de ces remarques, je vais présenter une conception, à laquelle il me paroît que l'on pourra s'attacher dans l'application de la théorie aux phénomènes de la double réfraction.

---

(1) *Traité de physique, T.* 4, *p.* 330 *et* 350.

Lorsqu'on envisage un rhomboïde de chaux carbonatée d'une grandeur sensible, tel que sont ceux que nous pouvons soumettre aux expériences, la répulsion de l'axe est une loi reconnue et bien constatée.

Les rhomboïdes élémentaires sont semblables au grand rhomboïde composé ; c'est la forme primitive de ce cristal (1). Ils sont tous semblablement placés, soit entr'eux, soit par rapport au grand rhomboïde dont ils sont les élémens.

Comme toutes les forces qui agissent sur la lumière ne s'exercent qu'à de très-petites distances; celle qui, dans les observations, semble émaner de l'axe général, n'émane sans doute que de l'axe particulier d'un seul rhomboïde élémentaire.

D'après ces considérations, il paroît que la loi, appliquée aux élémens du cristal, aura deux expressions. On pourra dire, que la molécule de lumière, qui fait partie du rayon extraordinaire, est repoussée par l'axe du rhomboïde ; ou que la molécule est repoussée (ou attirée) par quelques parties solides du rhomboïde, tellement que la résultante de ces forces se dirige dans le sens opposé à l'axe.

(1) *Haüy, Tableau comparatif etc.*, *p.* 121.

§. 91. La première expression, la répulsion de l'axe, est la plus commode en exposant les phénomènes sensibles; mais lorsque l'on envisage un rhomboïde élémentaire, on sera disposé à préférer l'expression qui ne parle de l'axe que comme d'une ligne imaginaire. Il s'exerce donc dans l'intérieur de ce rhomboïde des forces, dont la résultante est une répulsion de l'axe. Les parties solides, auxquelles ces forces sont dues, semblent devoir être principalement les angles solides. Supposons que les deux grands angles solides, auxquels aboutit l'axe, exercent des forces répulsives égales sur une molécule lumineuse; cette molécule paroîtra repoussée par l'axe. Sans entrer dans un détail de l'action de toutes les parties solides, détail dont je ne suis pas en état de me rendre compte, j'attribuerai la répulsion à ces deux grands angles solides. Et comme, dans nos principes, cette répulsion provient d'une attraction (§. 10), quand des molécules de lumière présenteront de face leurs disques à ces angles, j'en conclurai qu'elles seront repoussées; et quand elles leur présenteront ces mêmes disques par la tranche, j'en conclurai qu'elles ne seront pas repoussées.

Il faut remarquer que ces répulsions simul-

tanées, produites par des attractions égales à la fois de part et d'autre, sont improbables, même impossibles; car une même molécule ne peut pas tourner sa poupe de deux côtés à la fois; mais aussi l'absolue simultanéité ici n'est pas requise. Au contraire, il est très-naturel de croire que les diverses forces, qui émanent des parties solides d'un rhomboïde élémentaire, agissent successivement; mais à de si courts intervalles, qu'il n'en résulte qu'une seule direction sensible, parce qu'à chaque nouvel élément du cristal que traverse la molécule lumineuse, elle éprouve les mêmes déviations, décrivant ainsi une espèce de courbe serpentine ou hélicoïdale.

§. 92. La différence des deux conceptions (la répulsion de l'axe et celle des deux grands angles solides) a une grande influence sur l'explication des phénomènes. Car lorsqu'un disque est perpendiculaire sur l'axe, il est vu de ces angles en face; le disque tourne son plan vers le sommet de ces angles. Et réciproquement, lorsqu'il est parallèle à l'axe, il est vu de ces angles de profil; il leur présente la tranche; le plan du disque prolongé passe par le sommet de ces angles. De sorte que, si nous rapportons à l'axe la situation de nos disques,

nous aurons le plus souvent des résultats exactement inverses de ceux que nous aurons en la rapportant aux angles.

Nous parlerons donc de la répulsion comme partant des deux grands angles solides, qui sont aux deux extrémités de l'axe ; et pour abréger, nous nommerons ces deux angles collectivement *les angles axals.*

§. 93. En transportant la répulsion à ces deux angles, il n'y a, je crois, aucun phénomène qui ne s'explique aussi bien qu'en l'attribuant à l'axe même. Le cas suivant me servira d'exemple, et jusqu'à un certain point de preuve.

Si un rayon lumineux tombe sur un cristal selon une direction parallèle à l'axe de ce cristal ; on sait qu'il ne se manifeste aucune réfraction extraordinaire.

En effet, une molécule de ce rayon éprouvant d'abord l'action de l'un des angles axals, est rejetée vers l'autre ; et décrit ainsi une ligne serpentine ou hélicoïdale, dont l'axe est l'axe même du cristal. La vitesse de cette molécule ne reçoit d'ailleurs ni augmentation ni diminution permanente, parce qu'elle est alternativement accrue et diminuée de quantités égales, qui se compensent mutuellement.

CHAPITRE VI.

De la polarisation fixe.

ARTICLE 1.

De la polarisation fixe par réflexion.

§. 94. Si un rayon de lumière, venu immédiatement d'un corps lumineux, est incident sur un plan réflecteur; il y a le plus souvent des rayons réfléchis et des rayons transmis. On peut représenter les molécules émises par le corps lumineux, qui se trouvent placées sur un même filet, sous l'emblème d'une sphère armillaire, réduite à ses méridiens et à son axe, qui est la trajectoire commune des molécules émises (§. 53.) De toutes ces molécules, celles qui sont réfléchies sont généralement les molécules dont le cercle de rotation (le disque apparent) est peu incliné sur le plan du réflecteur (§. 56.). Nous allons suivre ces molécules réfléchies et leur présenter un second réflecteur sous des aspects variés.

§. 95. Et d'abord présentons leur un réflecteur parallèle au premier. En ce cas, les molécules seront toutes favorablement placées pour être réfléchies de nouveau. Car les situations de leurs disques ou cercles de rotation, qui les ont fait réfléchir par le premier miroir, sont précisément les mêmes à l'égard du second (§. 65.).

§. 96. Si l'on présente le second réflecteur sous tous les aspects qui donnent le même angle de réflexion; on verra qu'un de ces aspects (que l'on pourroit nommer *anti-parallèle*) doit avoir le même effet que le parallèle, c'est-à-dire, qu'il est favorable à la réflexion.

§. 97. Au contraire, les réflecteurs *latéraux*, recevant les disques par la tranche, seront plus favorables à la transmission, et d'autant plus qu'ils seront plus éloignés du parallélisme et de l'anti-parallélisme; en sorte que le maximum de transmission aura lieu à égale distance de ces deux aspects (1).

---

(1) Les physiciens sont si accoutumés à considérer les phénomènes de la polarisation, qu'il est superflu d'entrer ici dans beaucoup d'explication. On peut se représenter le rayon réfléchi comme suivant d'abord l'axe d'une pyramide à base carrée, intérieurement ré-

§. 98. On reconnoît ici les phénomènes généraux de la polarisation fixe. La seule difficulté peut-être qui se présente dans cette explication est celle-ci : Il semble, qu'en toute position, tous les disques réfléchis par le premier miroir devroient être réfléchis par le second ; puisque les mêmes causes doivent produire exactement les mêmes effets. Or, l'expérience prouve qu'il n'y a qu'un angle particulier de réflexion (par exemple pour le verre 35° 25′) qui produise cet effet ; les autres angles permettant toujours quelque transmission par le second miroir, parallèle ou anti-parallèle au premier.

Cette difficulté ne se convertira pas en objection, si l'on fait attention aux remarques suivantes :

1.°) Les diverses molécules n'entrent pas sans doute dans la plage attractive de l'un et de l'autre réflecteur à la même époque de leur rotation ; les unes l'atteignent au moment

fléchissante ; puis l'axe d'un cône, intérieurement réflecteur. Voyez les détails de l'expérience dans la *Physique de* Biot, T. IV, pag. 254 et suiv. ; en particulier à la pag. 273, où l'on verra que la transmission totale a lieu lorsque la force répulsive est perpendiculaire au plan de la première incidence.

où leur poupe se dirige vers le plan, les autres dans une situation inverse ou intermédiaire.

2.°) Peut-être faut-il faire ici quelque emploi de la rotation sur trois axes, ou du balancement probable de nos particules puppiformes (§. 23.) Certaines époques de ce balancement seroient plus favorables à la réflexion, et d'autres moins (1).

§. 99. Pourquoi le maximum de polarisation a-t-il lieu à un angle déterminé, dépendant de la force attractive du plan qui réfléchit ?

Le maximum a lieu pour le cas où il y a le minimum de disques assez inclinés pour être en quelque sorte également susceptibles de réflexion et de transmission, de manière qu'un accident (l'époque de la rotation, etc.) détermine l'une ou l'autre. C'est la situation dans laquelle il reste le moins de molécules susceptibles d'être transmises.

Maintenant admettons (ce qui paroît vrai) qu'à toute inclinaison (même perpendiculaire) d'un rayon sur un réflecteur, il y ait quelque

---

(1) Ces mêmes remarques ont été présentées à propos de la transmission (§. 79). Elles ne sont pas moins applicables à la réflexion, et devoient trouver place ici.

réflexion (ce qui provient sans doute des époques de rotation à l'entrée de la molécule dans la plage attractive, et peut-être du balancement résultant de la double courbure de la trajectoire) (§. 98.). Dès-lors il y aura deux causes agissantes pour opérer la transmission : 1.°) l'inclinaison voisine du perpendicularisme; 2.°) la force attractive. Mais il y aura une cause qui nuira à la transmission; c'est la brièveté du temps de passage à travers la plage attractive, temps qui doit suffire à diriger la poupe vers le plan. Le temps employé à traverser cette plage attractive est proportionnel à la sécante de l'angle d'incidence, ou inversement au cosinus de ce même angle. Ainsi c'est dans cette proportion que la transmission devient plus difficile (1). Voilà une cause opposée à la 1.re La 2.de (la force attractive) a deux effets opposés; puisqu'elle favorise la transmission en diminuant le temps de traversée, et qu'elle la défavorise en agissant efficacement pour forcer la poupe à se diriger vers le plan.

Je ne sais pas démêler l'effet de ces causes,

---

(1) Cette cause a été remarquée, sous un autre rapport, par Biot, T. 1, pag. 373.

ni reconnoître si la loi proposée par M. Brewster en dérive. Mais il y en a assez pour voir, 1.°) que le maximum de polarisation doit avoir lieu sous une inclinaison déterminée ; 2.°) que cette inclinaison doit très-probablement varier, en faisant varier la force attractive.

§. 100. La loi indiquée par l'expérience, relativement à la quantité de la lumière réfléchie, en vertu de la polarisation fixe par réflexion, est celle-ci : Sous l'incidence du maximum de réflexion, l'intensité de la lumière réfléchie (par le second réflecteur) est proportionnelle au carré du cosinus de l'angle, que le second plan de réflexion forme avec le premier.

Remarque. Toutefois cette loi n'a pas été vérifiée en détail; mais seulement dans les cas où le cosinus en question devient $=1$ ou $=0$. Quant aux cas intermédiaires, on n'a reconnu qu'une variation indéterminée, qui n'est conforme à la loi que d'une manière vague.

§. 101. *Remarque préliminaire* 1.re

L'angle que le plan de seconde réflexion forme avec celui de première réflexion est supplément à deux droits de l'angle que for-

ment entr'eux les plans des deux réflecteurs. Ainsi la loi subsistera en substituant une expression à l'autre (1) dans l'énoncé de la loi. Nous dirons donc que l'intensité de la lumière refléchie est proportionnelle au carré du cosinus de l'angle que le second réflecteur forme avec le premier; et cela dans les limites d'inexactitude que comporte l'observation.

§. 102. *Remarque préliminaire* 2.^{de}

L'intensité de la lumière réfléchie doit être proportionnelle à la facilité d'opérer la réflexion. D'après nos théories, la facilité de la réflexion dépend de la facilité qu'a le courant de tourner la poupe des molécules et de la diriger vers le plan attractif. Cette facilité de retournement dépend de l'inclinaison du disque de rotation sur le plan réflecteur. Donc, c'est de cette inclinaison que dépend aussi la facilité de réflexion et l'intensité de la lumière réfléchie.

§. 103. Nous avons déterminé le rapport de la force qui retourne la poupe à l'inclinaison du disque. Cette force est proportionnelle au carré du cosinus d'inclinaison de ce

(1) Cette loi employant le carré du cosinus, ne dépend pas du signe de cette quantité trigonométrique.

disque sur le plan réflecteur (§. 32). Donc, telle est aussi l'expression de la facilité de réflexion. Cette facilité est comme le carré du cosinus de cette inclinaison.

§. 104. *Remarque* 1. Si l'on se rappelle que les disques réfléchis par le 1.er réflecteur sont peu inclinés sur son plan; on verra que la loi énoncée dans le théorème précédent se rapproche beaucoup de celle que l'on a déduite de l'observation. Car si le plan des disques étoit parallèle au 1.er réflecteur, la loi seroit exactement la même.

§. 105. *Remarque*. 2. Du reste, la loi d'observation et celle que donne la théorie coïncident dans les quatre points auxquels seuls on a déterminé la première avec rigueur. Car, par une moyenne, les disques réfléchis par le 1.er réflecteur se présentent au 2.d de la manière la plus favorable à la réflexion, lorsqu'il est parallèle ou anti-parallèle au 1.er; et de la manière la moins favorable, lorsqu'il est à 90° de l'une ou l'autre de ces situations.

ARTICLE 2.

De la polarisation fixe par réfraction.

§. 106. Un rayon qui a traversé un cristal

est polarisé. Si on lui présente un second cristal, dont la section principale soit parallèle à celle du premier; le rayon ordinaire, sorti du premier cristal, traverse le second avec les affections du rayon ordinaire. Mais si les sections principales des deux cristaux se coupent à angles droits; le rayon, sorti ordinaire du premier, devient extraordinaire du second. Le rayon extraordinaire du premier se comporte d'une manière analogue.

§. 107. Le rayon entrant dans le premier cristal contient des disques rangés en tout sens (une sphère armillaire réduite à ses méridiens, sur un diamètre commun, qui est la direction même du rayon). Les uns se présentent aux angles axals (1) par la tranche, et les autres de face (§. 92.). Les premiers subissent la réfraction ordinaire; ils échappent à l'influence des angles axals. Les autres, attirés, et par-là même repoussés (§. 10.), par les angles axals, forment le rayon extraordinaire. Ainsi constitués, ces rayons sortans ne peuvent manquer de se comporter au second cristal, comme ils se comportent en effet. Le rayon ordinaire, dans le cas du parallélisme des sec-

(1) Ces angles ont été définis au §. 92.

tions principales, entre dans le second cristal en présentant aux angles axals la tranche de ses disques ; mais dans le cas du perpendicularisme, il leur en présente la face. L'inverse a lieu pour l'extraordinaire.

ARTICLE 3.

Des polarisations fixes par réflexion et par réfraction combinées.

§. 108. Si, à un cristal d'Islande, on présente perpendiculairement un rayon polarisé par réflexion au maximum (sous l'inclinaison de 35.° 25′ pour le verre commun), de manière que le plan de réflexion soit parallèle à la section principale; ce rayon se comporte comme un rayon ordinaire.

Mais si le plan de réflexion est perpendiculaire à la section principale ; le rayon se comporte comme un rayon extraordinaire.

§. 109. Le rayon réfléchi est composé de molécules, dont les disques ou cercles de rotation sont fort peu inclinés sur le plan de réflexion du 1.er réflecteur, et que l'on peut concevoir distribués par paires, de chacune desquelles les deux disques, symétriquement placés, sont également inclinés sur ce même

plan. Si donc on se représente un tel rayon tombant perpendiculairement sur la face d'un rhomboïde de chaux carbonatée, dont la section principale est parallèle à ce plan de 1.re réflexion; on verra qu'il présente aux angles axals tous ses disques par la tranche, c'est-à-dire, dans une situation fort défavorable à la réflexion. Voilà pourquoi la réfraction extraordinaire, qui n'est qu'une réflexion ou répulsion opérée par les angles axals, ne peut avoir lieu.

A 90° de cette situation, la section principale étant perpendiculaire au plan de 1.re réflexion, les disques se présentent aux angles axals de face, et sont repoussés. Il naît donc une réfraction extraordinaire.

CHAPITRE VII.

De la polarisation mobile.

§. 110. M. Biot s'exprime ainsi : « Les » molécules lumineuses, à mesure qu'elles » avancent [dans un cristal], tournent alter- » nativement leurs axes, comme par une sorte » d'oscillation, de part et d'autre des plans où » elles doivent définitivement se diriger ». C'est cet état qu'il désigne par le nom de *polarisation mobile* (1).

§. 111. Au moment où une molécule pénètre dans un nouveau milieu, bien qu'elle s'y meuve avec liberté, elle éprouve dans sa marche une suite de perturbations (d'attractions et de répulsions), résultant de l'influence des particules du milieu. Mais elle s'y meut d'une manière constante, en conséquence de l'ordre régulier dans lequel se présentent à elle ces particules. Indépendamment de cette influence,

(1) *Phys.*, *T.* 4, *pag.* 317.

la molécule lumineuse a une rotation en vertu de laquelle elle présente sa concavité de chaque côté tour-à-tour; et à époques isochrones du même côté. Ainsi lors même que l'on supposeroit le milieu composé de particules très-régulièrement distribuées, dont la molécule lumineuse seroit toujours à égale distance; elle devroit faire constamment des oscillations apparentes; s'éloigner et s'approcher tour-à-tour d'une même droite, en particulier de l'axe d'un cristal, ou plus exactement de ses angles axals (§. 89).

§. 112. Il n'est pas difficile de voir que les molécules qui forment les différentes couleurs doivent naturellement avoir des rotations de durée inégale. Quoique douées de la même vitesse de translation, si elles sont de masses inégales ou si le centre de rotation est placé diversement dans les particules de couleurs diverses; leurs rotations seront aussi exécutées en des temps différens.

§. 113. La polarisation mobile, produite par les corps cristallisés, a été ramenée par Biot à l'influence de l'axe, dont nous avons déjà parlé sous le point de vue de la théorie que nous exposons (§. 91).

22

CHAPITRE VIII.

Des accès, et du mouvement oscillatoire de l'axe de polarisation.

§. 114. C'est l'opinion de Biot (1), » que tous les phénomènes qui dépendent des » accès de facile transmission et de facile ré- » flexion pourroient se représenter avec la » fidélité la plus parfaite, en attribuant aux » molécules lumineuses deux pôles, l'un at- » tractif, l'autre répulsif, qu'elles présente- » roient alternativement aux surfaces des corps » en tournant d'un mouvement uniforme au- » tour de leur centre de gravité. Les molécules » lumineuses et les surfaces des corps seroient » alors dans le cas de deux aimans, qui s'ap- » procheroient l'un de l'autre par leurs pôles » amis ou ennemis. Quand la molécule lumi- » neuse, parvenue à une petite distance de » la surface, présenteroit son pôle ami, » l'attraction qui en résulteroit, s'ajoutant à

(1) *Phys.*, *T.* 4, *pag.* 245. — Voy. aussi Newt. *Opt. Qu.* 26 et 29.

» sa vitesse propre, augmenteroit sa tendance
» à la transmission, sans la rendre toutefois
» inévitable, si la force réfléchissante étoit
» assez vive pour vaincre ces forces réunies.
» Quand, au contraire, la molécule se présen-
» teroit à la surface réfléchissante par son
» pôle ennemi, la répulsion qui en résulteroit
» affoibliroit d'autant la tendance à s'introduire
» que lui donne la direction de sa vitesse et elle
» en deviendroit plus propre à être réfléchie.
» Dans cette manière de voir, l'intervalle des
» accès ne seroit autre chose que le temps
» écoulé entre deux retours consécutifs des
» molécules lumineuses à une même phase de
» leur rotation; et les longueurs des accès
» seroient les espaces décrits par la molécule
» entre les époques de deux phases corres-
» pondantes ».

§. 115. Cette importante généralisation facilite notre travail, ou plutôt rend toute explication inutile.

§. 116. BIOT continue : « Puis donc que,
» d'après l'expérience, les longueurs des accès
» sous l'incidence perpendiculaire, sont réci-
» proquement proportionnelles aux rapports
» de réfraction des diverses substances, et par
» conséquent aux vitesses de la lumière dans

» ces substances là; il faudra que les temps
» absolus des rotations de chaque molécule
» soient réciproques aux carrés des vitesses,
» étant d'autant plus rapides que les milieux
» traversés par la lumière seront plus réfrin-
» gens ».

§. 117. Je n'entreprends pas d'expliquer cette loi; parce que je ne me sens pas en état de suivre, d'une manière exacte, les mouvemens de la molécule lumineuse soumise à l'influence de plusieurs forces, qui se combinent ou se succèdent avec rapidité. J'ai d'ailleurs fait, par cette raison même, abstraction des mouvemens rotatoires sur deux axes et me suis borné à considérer une rotation sur un seul axe (§. 35). Il se peut que ce soit précisément dans ces élémens négligés que se trouve la solution du problème, qui s'offre à nous en ce moment. Je ne laisserai pas toutefois d'indiquer quelques sources d'explication.

§. 118. Nous avons vu que la réfraction s'opère en rangeant les molécules lumineuses dans le plan d'incidence, de manière que leur axe de rotation soit perpendiculaire à ce plan (§. 69. *Rem.*). Mais, dans le nombre des molécules ainsi disposées, il doit s'en trouver plusieurs tellement exposées à l'influence du

courant attractif, au moment de leur entrée, que leur rotation soit convertie en oscillation. Si cette supposition est admise, on remarquera: 1.° Que chaque oscillation offre une époque de facile transmission et une époque de facile réflexion, à peu près comme faisoit la rotation entière; 2.° Que ces oscillations donnent plus aisément prise à la réflexion, que ne faisoit la rotation; 3.° Que ces oscillations seront d'autant plus courtes et plus rapides, que la force sera plus grande.

Or, l'effet de l'accourcissement des oscillations est de disposer la poupe d'une manière plus favorable à la réflexion, ou de faire croître la force répulsive. Il faudroit donc comparer l'effet de cette augmentation de répulsion avec celui de l'attraction accrue. La première étant comme le sinus, et la seconde comme le cube du cosinus d'un même angle (§. 32); il semble bien que cet angle croissant doit donner beaucoup d'avantage à la répulsion, ou, en d'autres termes, que la réflexion doit être hâtée, comme on l'observe.

§. 119. Il faut peut-être considérer en même temps l'effet que peut avoir, sur le phénomène des accès, le mode d'accélération de la lumière réfractée.

Cette accélération ne produit pas une vitesse constante, mais constamment renouvelée (§. 49); c'est-à-dire, que la molécule qui traverse un milieu matériel est tour-à-tour retardée et accélérée (§. 45). Il résulte, de cette succession de ralentissemens et d'accélérations, une disposition à être réfléchie ou transmise. Cette disposition seule seroit sans effet; mais jointe à la rotation des molécules puppiformes, elle doit produire les phénomènes des accès. Ainsi, dans le vide, il n'y a qu'une cause d'accès (la rotation); dans le milieu matériel, il y a deux causes combinées. Si une particule a sa poupe dirigée de manière à lui imprimer une vitesse rétrograde; elle sera disposée à la réflexion : elle sera au contraire disposée à la transmission, lorsque sa poupe se dirigera de manière à accélérer le centre de gravité.

Il faut joindre à cette remarque une considération d'une autre nature, qui pourroit influer sur le phénomène dont nous nous occupons. Dans un milieu plus refringent, il y a probablement un plus grand rapprochement de ces particules, dont les attractions successives retardent et accélèrent successivement la molécule lumineuse.

§. 120. Du reste, j'abandonne ce sujet, ainsi

que la loi de variation des accès par le changement d'incidence ; loi remarquable , mais compliquée , et dont je ne me flatte pas de démêler les causes.

§. 121. Sur les oscillations de l'axe de polarisation , je me borne à rappeler ce que j'ai dit tout-à-l'heure (§§. 111 , 112). Dans les cas où les oscillations se manifestent , la rotation est peut-être interrompue. Il reste à examiner cependant si une seule rotation , entièrement exécutée , n'auroit pas le même effet que la simple oscillation.

§. 122. Il est à remarquer que , conformément à ce qu'indique la théorie que j'expose , les molécules les plus réfrangibles ont des oscillations plus rapides (§§. 112 , 84).

CHAPITRE IX.

De la flexion (1), ou diffraction.

§. 123. Je ne dirai rien de la flexion ou diffraction; sinon, qu'en l'envisageant sans pénétrer dans les détails, il est difficile de n'y pas reconnoître des attractions et des répulsions exercées à quelques petites distances inégales. Un rayon d'un diamètre fini, étant mû parallèlement à la surface d'un corps attractif, doit, à une petite distance, éprouver dans ses diverses molécules, selon leur situation, des attractions et des répulsions; partant aussi des déviations variées.

Sous ce point de vue général, le phénomène correspond si bien à la théorie, que nous avons cru ne pas devoir négliger d'en faire la remarque.

Mais nous n'ignorons pas, qu'en ce moment, d'habiles observateurs s'occupent à rechercher

(1) Ce mot a été substitué à propos, par M. Brougham, au mot d'*inflexion*. Ce dernier a pour opposé la *déflexion*.

les lois du phénomène ; et nous devons attendre de connoître les résultats de leurs travaux, avant de songer à faire l'application de de nos principes à des lois peut-être encore imparfaitement déterminées.

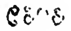
§. 124. Je crois toutefois devoir dire un mot de plus sur ce phénomène, observé avec tant de sagacité et si ingénieusement discuté par M. Fresnel (1).

Si l'on admet quelque influence des molécules lumineuses les unes sur les autres, je crois que l'on n'aura pas besoin de recourir à l'ondulation pour expliquer ces nouveaux faits.

Un rayon, qui en croise un autre sous un petit angle, doit agir sur ses molécules et les faire dévier. Chaque couleur, en ce cas, doit avoir sa déviation propre.

Lorsqu'un corps opaque est plongé dans un rayon solaire, ses bords deviennent des centres de flexion ; quelques molécules sont *défléchies* par ces centres, devenus pour elles centres de répulsion ; d'autres sont *infléchies* par attraction. On peut donc envisager ces points extrêmes comme de véritables centres d'émission lumineuse.

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, *T.* 1, *pag.* 239.



Cela étant entendu ; si l'on substitue aux *nœuds* et aux *ventres* des ondes supposées (1) ; les dispositions alternatives d'attraction et de répulsion de chaque molécule sur sa trajectoire (§. 111.) ; on aura les mêmes résultats qu'a obtenus le savant auteur de cette théorie ondulatoire.

En effet, les molécules parties sensiblement d'un même centre ont pour trajectoires les rayons d'une même sphère. Toutes sont mues avec la même vitesse. Toutes ont des dispositions alternatives, ou accès, qui diffèrent pour chaque couleur, mais qui sont les mêmes pour une seule et même couleur. Par conséquent, celles d'un rayon éprouvent tour-à-tour, en deux sens contraires, l'influence du rayon voisin ; et cela à des intervalles égaux. Il n'en faut pas davantage pour l'emploi de la théorie nouvelle dans le système de l'émission.

Je soumets à l'examen des physiciens ce point de vue du phénomène, qui me semble digne de leur attention.

(1) En particulier dans la *fig.* 1, du mémoire que je viens de citer, où les points A et B représentent les centres d'émission formés par les forces attractives et répulsives des bords extrêmes du corps opaque.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIER TRAITÉ.

Physique mécanique de George-Louis Le Sage.

LIVRE I.er

Exposition du système des corpuscules ultramondains.

LIVRE II.

Discussion des objections qui peuvent s'élever contre le système des corpuscules ultramondains.

LIVRE III.

LIVRE IV.

Application des théories précédentes à certaines affinités.

SECOND TRAITÉ.

Quelques nouvelles applications des principes exposés dans le premier Traité, par P. Prevost.

LIVRE I.er

LIVRE II.

Section I.ere

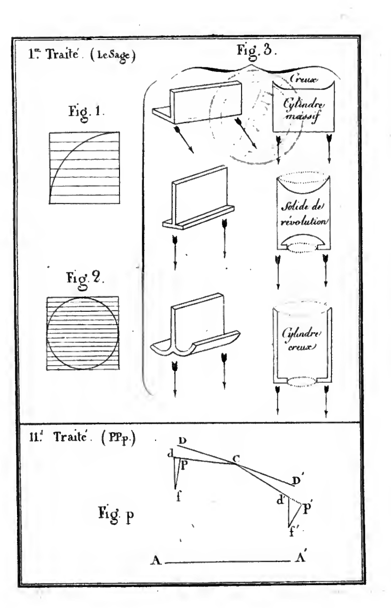
Des particules puppiformes en général.

Section II.
De la lumière.

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

Pag. vij, *lig. pen.*, un espèce *lis.* une espèce
—— *ibid.* Note, 1686 *lis.* 1687
—— xiij, *lig. dern.*, le plus *lis.* la plus
—— xxxv, — 13, le 9 Novembre *lis.* le 20 Novembre
—— 19, — 20, petitesse *lis.* grandeur
—— 31, — 15, 105 moins *lis.* 105 fois moins
—— 49, — 4, forces parallèles *lis.* faces parallèles
—— 108, — 1, *Liste* lis. §. 87. *Liste*
—— 143, — 20, *Des fluides, élastiques très-subtils dont* lis. *Des fluides élastiques très-subtils, dont*
—— 145, — 13, Article 6. *lis.* Article 7.
—— 164, — 1, Au lieu *lis.* *l*) Au lieu
—— 176, — 3 *de la note ;* vingt-huit *lis.* trente-huit
—— 189, — 3, pour reconnoître quelles sont les conséquences *lis.* pour nous assurer qu'elles sont des conséquences
—— 212, — 23, que les particules *lis.* que ses particules
—— 221, la page est indiquée 121 au lieu de 221.
—— 235, Notes (1) et (2)
Nota. Ces deux notes sont de Le Sage.
—— 236, *lig.* 2, p. 223 *lis.* p. 224.
—— 242, — 3, ceractère *lis.* caractère.
—— 266, — 1, D'après *lis.* §. 23. D'après
—— 269, — 16, si le courant poussoit la poupe *lis.* si le courant poussoit moins la poupe
—— 270, — *dern.*, l'axe du *lis.* l'axe du cône
Et à la page suivante 171 *lis.* 271
—— 275, — *penult.*, $r : d^2 (\cos^3 i - r \sin i)$ lisez $(r : d^2) \cos^3 i - r \sin i$
—— 280, — 18, avec une inégale vitesse *lis.* avec une égale vitesse
—— 306, — *pénult.*, le cercle de rotation *lis.* le cercle moyen de rotation



1.re Traité. (Le Sage)
Fig. 3.
Creux
Cylindre massif
Fig. 1.
Solide de révolution
Fig. 2.
Cylindre creux
II.d Traité. (PPp.)
D
d
C
P
f
D'
d'
P'
f'
Fig. p
A
A'

